

Parasitismo y capacidad de búsqueda de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner
(Hymenoptera: Trichogrammatidae) para el control biológico de *Diatraea* spp.
(Lepidoptera: Crambidae) en cultivo de caña de azúcar para producción de panela en el
municipio de Sandoná - Nariño.

Autor:

Jhon Jairo Guerrero Centeno

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Del Medio Ambiente

Agronomía

Tumaco

2020

Parasitismo y capacidad de búsqueda de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner
(Hymenoptera: Trichogrammatidae) para el control biológico de *Diatraea* spp.
(Lepidoptera: Crambidae) en cultivo de caña de azúcar para producción de panela en el
municipio de Sandoná - Nariño.

Autor:

Jhon Jairo Guerrero Centeno

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Agrónomo

Director de Tesis:

Ruth Liliana Insuasti Bravo I. A. M. Sc

Co-Director de Tesis:

PhD. Ana Elizabeth Díaz Montilla

Carlos Andrés Benavides Cardona

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Del Medio Ambiente

Agronomía

Tumaco

2020

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres Sonia Centeno Araujo y Arnulfo Guerrero Prado por ser mi inspiración y por haberme dado el regalo de la vida y así poder crecer profesionalmente, a mis hermanos Andrés Miguel, Ana Lucia, Fausto Francisco y Rosa Fernanda Quiñones León por su cariño e inmenso apoyo y ejemplo.

Nota de responsabilidad

“La Universidad Abierta y a Distancia no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico. Metodológico y Ético el mismo en aras de la búsqueda de la verdad y justicia”.

Nota de aceptación:

Los Directores y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio.

Firma del Presidente de Tesis

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Andrés de Tumaco, mayo del 2020

Agradecimientos

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. AGROSAVIA. C.I. Obonuco.

Ana Elizabeth Díaz Montilla Ph. D, Entomóloga. Corporación Colombiana de
Investigación Agropecuaria. AGROSAVIA

Carlos Andrés Benavides Cardona. Investigador master. Corporación Colombiana de
Investigación Agropecuaria. AGROSAVIA

Armando Fernández Umaña, Director CEAD – UNAD Tumaco

David Steven Egas. Profesional de apoyo a la investigación. Corporación Colombiana de
Investigación Agropecuaria. AGROSAVIA.

Anny Palma. Ingeniera Agrónoma. Tutora de prácticas Universidad UNAD-CEAD-
TUMACO.

Andrés Javier Castillo Estacio. Compañero de estudio por su apoyo.

Erika Paola Igua Urbano. Profesional de apoyo a la investigación.

Jesús Efraín Anganoy. Operario.

Juan Pablo Gómez. Operario.

A todos los profesores y amigos que me proporcionaron sus conocimientos y comprensión
durante esta etapa de crecimiento profesional y que de una u otra manera apoyaron la
realización del presente trabajo.

Tabla de contenido

1. Generalidades de la Caña de Azúcar.....	29
1.1 Origen.....	29
1.2 Clasificación Taxonómica.....	29
1.3 Clasificación Botánica.....	30
1.4 La raíz.....	30
1.5 El tallo.....	30
1.6 La hoja.....	31
1.7 La inflorescencia.....	31
1.8 Factores ambientales.....	31
1.9 El Clima.....	31
1.10 Temperatura.....	32
1.11 Germinación y desarrollo radicular.....	32
1.12 El crecimiento.....	32
1.13 Precipitación.....	32
1.14 Topografía.....	33
1.15 Textura.....	33
1.16 Estructura.....	33
1.17 Composición mineral.....	33
1.18 Reacción del suelo (pH).....	34

1.19 Profundidad.....	34
1.20 Plagas.....	34
1.21 Enfermedades	36
2. Materiales y Métodos	38
2.1 Lugar de ejecución.	38
2.2 Lugar de ejecución	38
2.3 Fase de experimentación #1.	39
2.4 Fase de experimentación #2.	43
2.5 Fase de experimentación #3.	45
2.6 Fase de experimentación #4	47
3. Resultados	53
3.1 Fase de experimentación en laboratorio	53
3.2 Fase de experimentación en campo	57
4. Discusión.....	59
4.1 Fase de experimentación en laboratorio	59
4.2 Fase de experimentación en campo	61
Conclusiones.....	63
Recomendaciones	65

Referencia Bibliográfica..... 66

Anexos 72

Lista de figuras

- Figura 1.** Macho y Hembra *Trichogramma exiguum* de laboratorio.....Pag.42
- Figura 2.** Copula de Macho y Hembra *T. exiguum*. Pag.42
- Figura 3.** Parasitación *T. exiguum* sobre huevos de *D. indigenella* Pag.42
- Figura 4.** Huevos de *D. indigenella* parasitados. Pag.42
- Figura 5.** Macho y Hembra de *Trichogramma* spp Negras de laboratorio. Pag.44
- Figura 6.** Copula de Macho y Hembra *T. spp* Negras.Pag.44
- Figura 7:** Parasitismo sobre huevos de *Diatraea indigenella*..... Pag.44
- Figura 8.** Huevos de *D. indigenella* parasitados.Pag.44
- Figura 9.** Macho y Hembra *Trichogramma exiguum* de campo.....Pag.47
- Figura 10.** Copula de Macho y Hembra *T. exiguum* de campo.....Pag.47
- Figura 11.** Parasitación *T. exiguum* de campo sobre huevos de *D. indigenella*Pag.47

Figura 12. Huevos de <i>D. indigenella</i> parasitados.	Pag.47
Figura 13. Ubicación de postura de <i>D. indigenella</i> en el envés de la hoja de caña...	Pag.50
Figura 14. Liberación de pulgada cuadrada de <i>Trichogramma exiguum</i>	Pag.51
Figura 15. Distancias de Posturas a 2 m.	Pag.51
Figura 16. Orientación de los 4 Puntos Cardinales.	Pag.51
Figura 17. Ubicación de posturas de <i>Diatraea indigenella</i> a 2, 4, 6, 8,10 m en los 4 puntos cardinales.	Pag.52
Figura 18. Promedios de parasitismo de <i>T. exiguum</i> en huevos de <i>D. indigenella</i> a diferentes distancias de liberación.	Pag.62

Lista de cuadros

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables: huevos totales, huevos parasitados, duración de ciclo, longevidad de la hembra, huevos eclosionados, huevos infértiles, Macho, hembra y porcentaje de parasitación de tres especies de *Trichogramma*.....Pag.53

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Duncan para los tres tratamientos...Pag.54

Cuadro 3. Porcentaje de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner 1978 en posturas de *Diatraea indigenella*.....Pag.58

Lista de anexos

Anexo 1. Colecta de individuos de <i>D. indigenella</i> de campo	Pag.72
Anexo 2. Sexado de <i>D. indigenella</i>	Pag.72
Anexo 3. Cámaras de copula de adultos de <i>D. indigenella</i>	Pag.72
Anexo 4. Estereoscopio.	Pag.73
Anexo 5. Viales entomológicos de 2 cm.....	Pag.73
Anexo 6. Tela Blanca.	Pag.73
Anexo 7. Bandas de Caucho.....	Pag.73
Anexo 8. Tarjetas de cartulina 5 x 2 cm.....	Pag.74
Anexo 9. Pincel, Pinza y Punzón.	Pag.74
Anexo 10. Posturas frescas de <i>D. indigenella</i>	Pag.74
Anexo 11. Tarjetas con posturas de <i>D. indigenella</i>	Pag.75
Anexo 12. Ubicación de tarjetas con posturas de <i>D. indigenella</i> en el envés de la hoja de caña.....	Pag.75
Anexo 13. Campo donde se realizó el estudio.....	Pag.75
Anexo 14. Liberación de la avispa <i>T. exiguum</i> en sobres en campo.....	Pag.75

Resumen

La disminución de contenidos en biomasa y sacarosa originada por los barrenadores del género *Diatraea* spp. Constituye una de las principales limitantes del cultivo de caña, *Saccharum* spp. destinada a la producción de azúcar y de panela. Su manejo, involucra una estrategia integrada, en donde la implementación del control biológico con parasitoides de huevos del género *Trichogramma*, juega un papel importante porque ejercen control del insecto plaga antes de que éste, barrene los tallos de la caña de azúcar. En la zona panelera del departamento de Nariño se ha identificado a *T. exiguum* y a *Trichogramma* spp., sobre huevos de *Diatraea* spp. El presente estudio buscó determinar bajo condiciones controladas el parasitismo de estas dos especies sobre huevos de *D. indigenella*, especie de barrenador más abundante en la zona panelera de Nariño, así como también determinar la capacidad de búsqueda de *T. exiguum* bajo condiciones de cultivos de caña de azúcar de aproximadamente 3 meses de edad. En condiciones de laboratorio se estableció un ensayo con dos especies de *Trichogramma* una es *T. exiguum* y *Trichogramma* spp reproducidas en laboratorio de las cuales una está sin identificar y un eco tipo de *T. exiguum* de campo. La especie de laboratorio de *T. exiguum* y *Trichogramma* spp se han mantenido por más de 14 generaciones sobre huevos de *Sitotroga cerealella* (hospedero de cría) y el eco tipo de campo se obtuvo en cultivos de caña de azúcar sobre huevos de *Diatraea* spp. y se mantuvo sobre huevos de *D. indigenella* (hospedero natural). Se individualizaron 30 hembras de *Trichogramma* en viales entomológicos con una masa de huevos de *D. indigenella* durante 24 horas. Después de este tiempo, se determinó la longevidad de las hembras parentales y se cuantificó el porcentaje de parasitismo, el porcentaje de emergencia y la proporción de sexos en la progenie. La capacidad de búsqueda se verificó en un experimento de campo

distribuyendo masas de huevos de *D. indigenella* a 2, 4, 6, 8 y 10 metros hacia cada punto cardinal, teniendo como referencia un punto central de liberación del parasitoide. Se encontró que las hembras de *T. exiguum* del eco tipo de campo, *T. exiguum* y *Trichogramma* spp de laboratorio parasitaron 66.00%, 39.66% y 23.33% respectivamente. Se encontró que *T. exiguum* puede desplazarse en un cultivo de caña de 3 meses de edad de forma efectiva para realizar el parasitismo hasta los 4 metros. Los resultados encontrados en este estudio sugieren que la cría continua de *T. exiguum* sobre huevos del hospedero de cría *S. cerealella* induce la selección de características indeseables en la especie, siendo necesario renovar la cría con material colectado en campo. Los hallazgos en este estudio sugieren que las avispas deberían liberarse cada 4 metros en el campo para aumentar su radio de acción.

Palabras clave: Caña de azúcar, Control Biológico, *Trichogramma exiguum*, Parasitoide, *Diatraea* spp., *Sitotroga cerealella*, Barrenador de los tallos de la caña de azúcar.

Abstract

The decrease in biomass and sucrose content caused by borers of the genus *Diatraea* spp. It is one of the main limitations on the cultivation of sugarcane, *Saccharum* spp. intended for the production of sugar and panela. Its management involves an integrated strategy, where the implementation of biological control with parasitoids of eggs of the *Trichogramma* genus, plays an important role because they exert control of the insect pest before the latter insects the sugarcane stems. *T. exiguum* and *Trichogramma* spp. Have been identified in the panelera area of the Nariño department on eggs of *Diatraea* spp. The present study sought to determine under controlled conditions the parasitism of these two species on *D. indigenella* eggs, the most abundant borer species in the panela area of Nariño, as well as to determine the search capacity of *T. exiguum* under conditions of cultivation of sugar cane approximately 3 months old. Under laboratory conditions, an assay was established with two species of *Trichogramma*, one is *T. exiguum* and *Trichogramma* spp, reproduced in laboratory, of which one is unidentified and an echo type of *T. exiguum* in the field. The laboratory species of *T. exiguum* and *Trichogramma* spp have been maintained for more than 14 generations on *Sitotroga cerealella* eggs (breeding host) and the field type eco was obtained in sugar cane crops on *Diatraea* spp eggs. and it was kept on *D. indigenella* eggs (natural host). Thirty females of *Trichogramma* were individualized in entomological vials with a mass of *D. indigenella* eggs for 24 hours. After this time, the longevity of the parental females was determined and the percentage of parasitism, the percentage of emergence and the proportion of sexes in the progeny were quantified. The search capacity was verified in a field experiment distributing *D. indigenella* egg masses at 2, 4, 6, 8 and 10

meters towards each cardinal point, having as reference a central point of release of the parasitoid. Female *T. exiguum* from the field type echo, *T. exiguum* and laboratory *Trichogramma* spp. were found to parasitize 66.00%, 39.66% and y 23.33% respectively. It was found that *T. exiguum* can move in a 3-month-old cane crop effectively to parasitize up to 4 meters. The results found in this study suggest that the continuous rearing of *T. exiguum* on eggs of the rearing host *S. cerealella* induces the selection of undesirable characteristics in the species, being necessary to renew the rearing with material collected in the field. The findings in this study suggest that wasps should be released every 4 meters in the field to increase their radius of action.

Key words: Sugarcane, Biological Control, *Trichogramma exiguum*, Parasitoid, *Diatraea* spp., *Sitotroga cerealella*, Borer of the stems of sugarcane.

Introducción

Los barrenadores de la caña de azúcar *Diatraea* spp. Son una de las principales plagas que causa una importante afectación al cultivo de caña de azúcar a nivel fitosanitario. En cañas jóvenes las larvas causan la muerte del meristemo apical daño conocido como “corazón muerto” y en cañas maduras hacen el barrenado de los entrenudos, daño conocido como intensidad de infestación o entrenudos barrenados el cual se expresa en unidades porcentuales (%). En el departamento de Nariño se encontró que los niveles de intensidad de infestación ocasionados por *Diatraea* son severos y muy altos Castillo, C. y Zambrano, C. (2004), y dependen de la zona de vida donde se establecen los cultivos. En zona de vida de bosque seco pre montano (bs-PM) (1200-1700 msnm, 550-1100 mm de precipitación, 18-24°C) el daño porcentual es de 7,14%. En Bosque muy húmedo pre montano (bmh-PM) (1300-1400 msnm 18-24°C 2000-4000 mm) es de 10,51%. Bosque húmedo pre montano (bh-PM) (1400-1800 msnm 18- 24°C 1100-1200 mm) de 10,75 y en Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) >2000 msnm >12°C 1000-2000 mm) de 13,15 % (Igua, 2018).

Como lo afirma Castillo, C. y Zambrano, C. (2004). Con estos niveles de daño las mermas en peso de caña pueden estar alrededor de 7 y 14 toneladas de caña/ha. Teniendo en cuenta que por cada unidad porcentual de daño se pierde una tonelada de caña por hectárea. Si se tiene en cuenta un factor de conversión del 10% (caña a panela) para el Departamento de Nariño (Agrosavia, Informe avance mensual Convenio 881-15), se estaría perdiendo entre 700 y 1400 kg de panela por hectárea por el ataque de *Diatraea* spp. A precios actuales de un kilo de panela (\$1400) un agricultor perdería entre \$ 980.000 y \$1.960.000 pesos por hectárea.

Entre las principales especies de *Diatraea* spp halladas en las zonas paneleras del departamento de Nariño realizando el barrenado de los entrenudos del tallo de caña de azúcar, se encuentran las especies *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) y *Diatraea indigenella* (Lepidoptera: Crambidae), las cuales comparten el nicho ecológico de las diferentes zonas de producción de caña de azúcar del departamento de Nariño.

Entre los enemigos naturales encontrados en las diferentes zonas agroecológicas del departamento de Nariño donde se cultiva caña de azúcar para producción de panela, se encuentran **a)** La micro avispa *Trichogramma exiguum* (Himenóptera:

Trichogrammatidae), **b)** El hongo entomopatógeno *Bauveria bassiana*, **c)** El entomonemátodo posiblemente perteneciente a la familia Mermitidae género

Hexameris **d)** 2 especies de moscas perteneciente a la familia Tachinidae *Billaea*

claripalpis y *Genes (Jayneleskia) jaynesi*.

El porcentaje de parasitismo natural ejercido por el controlador biológico, la especie *Trichogramma exiguum* (Himenóptera: Trichogrammatidae) sobre las masas de huevos de *Diatraea* spp en el departamento de Nariño municipio de Sandoná fue de 12.7% en ambientes de bosque húmedo pre montano (bh-PM). La implementación del control biológico con parasitoides de huevos del género *Trichogramma* ha sido implementada en varios países como estrategia de control biológico de huevos de *Diatraea* spp. Debido a que por su modo de acción impiden el desarrollo del estado larval de este insecto plaga. Por las razones antes expuestas el presente trabajo de investigación está encaminado a determinar la eficacia de *T. exiguum* como agente controlador de la especie *D. indigenella*, especie más abundante en el Departamento de Nariño.

Objetivos

Objetivos General

Evaluar el efecto parasítico de *Trichogramma exiguum*, sobre huevos del barrenador del tallo de la caña de azúcar *Diatraea indigenella* a través del análisis de su comportamiento bajo condiciones de laboratorio y campo en el departamento de Nariño.

Objetivos Específicos

Determinar bajo condiciones controladas el parasitismo de tres cepas de *Trichogramma exiguum* (campo y laboratorio) y *Trichogramma* spp. sobre huevos de *Diatraea indigenella*

Determinar la capacidad de búsqueda de *T. exiguum* bajo condiciones de cultivos de caña de azúcar aproximadamente 3 meses de edad.

Objetivo. Investigaron la preferencia de parasitismo de *Cotesia flavipes* sobre diferentes instares de *Diatraea crambidoides*, Determinaron el instar larval (III, IV y V) de *Diatraea crambidoides* que presenta mayor parasitismo del parasitoide *Cotesia flavipes* y Determinaron el instar larval (III, IV y V) de *Diatraea crambidoides* que presenta mayor encapsulamiento del parasitoide *Cotesia flavipes*

Muestra. La investigación se realizó en tres etapas, la primera fue la obtención de las larvas (*Diatraea crambidoides*) de plantas de caña de azúcar que se encuentran dañadas por esta plaga y los *parasitoides* (*Cotesia flavipes*) del laboratorio de producción de parasitoides de Ingenio Santa Ana, la segunda etapa consistió en la evaluación de la preferencia de parasitismo de las avispas de *C. flavipes* sobre larvas de *D. crambidoides* en los instares III, IV y V y por último la tercera etapa que consistió en la cuantificación de porcentaje de parasitismo.

La muestra usada fue la unidad experimental que consistió de 75 larvas, en cada uno de los instares evaluados y se realizaron 5 repeticiones.

$t * r = 3 * 5 = 15$ unidades experimentales.

En total se tuvieron 15 unidades experimentales, por lo que se utilizaron 225 larvas por cada uno de los tratamientos, en total se utilizaron 1,125 larvas para realizar la evaluación.

Cuantificación de porcentaje de parasitismo. Se realizó el proceso de parasitismo teniendo en cuenta la preferencia del parasitoide sobre los diferentes instares de *D. crambidoides* el número de larvas parasitadas en cada tratamiento no fue el mismo, debido a que no se tomaron en cuenta las larvas que no presentaron parasitismo y las que

murieron por contaminación durante el ciclo de evaluación, por lo que fue necesario establecer el promedio de larvas de cada tratamiento para proyectar el parasitismo y el encapsulamiento.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, debido a que la evaluación se realizó bajo condiciones de laboratorio, el modelo estadístico se muestra a continuación

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

Y_{ij} = Preferencia de parasitismo de *C. flavipes* sobre las larvas de *D. crambidoides*

μ = media general de la variable del porcentaje preferencia de parasitismo

τ_i = efecto del i - ésimo instar larval.

Resultado. Los principales resultados hallados en el análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa entre los instares, Se realizó un análisis de varianza para la variable porcentaje de parasitismo de *C. flavipes* en los instares III, IV y V del barrenador de la caña de azúcar, existe diferencia significativa entre los instares, la prueba de Tukey al 95 % de confianza muestra que el Instar V tiene el mayor porcentaje de parasitismo con un 61 %, seguido por los instares IV y III respectivamente con un 49 % y 23 % (cuadro 11)

La encapsulación es la principal reacción celular del huésped frente a los insectos endoparasitoides (2). Según la prueba múltiple de medias de Tukey al 95 % de confianza se tiene que el Instar III tiene el mayor porcentaje de encapsulamiento con un 32 %, seguido por los instares V y IV respectivamente con un 20 % y 19 %.

Conclusiones El parasitoide *Cotesia flavipes* tiene preferencia de parasitismo sobre el instar IV con un 47 por ciento en las evaluaciones realizadas en condiciones de laboratorio.

El máximo porcentaje de parasitismo se obtuvo en los instares IV y V con 61 y 49 por ciento respectivamente.

El encapsulamiento se registró con el valor mayor en el instar III con un 32 por ciento contrario a otras especies.

Efecto de dos dosis liberación de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner sobre huevos de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Haro Valverde, E. M. (2016). Efecto de dos dosis liberación de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner sobre huevos de *Diatraea saccharalis* Fabricius. Recuperado 14 de abril de 2020, de [dspace.unitru.edu.pe](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10787/Haro%20Valverde%2C%20E%20meli%20Melisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y) website: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10787/Haro%20Valverde%2C%20E%20meli%20Melisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Objetivo. Es determinar el efecto de dos dosis liberación de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner sobre huevos de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Muestra. Esta consistió en la aplicación de dos dosis de liberación de 100 000 y 200 000 avispas /ha. Representadas en pulgadas cuadradas, se colocaron un día antes de su

eclosión en vasos descartables de 3 onzas, llevándose al campo avispas ya emergidas, para evitar la acción de predadores.

Resultados. Los porcentajes promedio de parasitismo en huevos de *D. saccharalis* en los puntos cardinales fue de 39.68 y 24.88, en el este y oeste y 57.75; 23.09 este –oeste, en las dosis de 100 000 y 200 000 avispas/ha respectivamente liberados en caña planta de 3 meses de variedad H32-8560 a 21,16 y 81% de HR. 200 000 avispas/ha el parasitismo de posturas y huevos con 41.66 y 36,58 respectivamente respecto a la otra dosis y el testigo.

Conclusiones. La dosis con mayor porcentaje de parasitismo, tanto en posturas como en huevos, fue 200 000 avispas /ha y la menor de 100 000.

Las distancias de liberación en donde se determinaron el mayor porcentaje de parasitismo de la avispa fueron de 5 y 10m.

La dirección del viento tuvo una ligera influencia en el desplazamiento de las avispas, en dirección de oeste a este, registrándose para la dosis de 200 000 avispa/ha una parasitación de 51,10 y 36,66% así como 57,75 y 23,09% para posturas y huevos de *D. saccharalis* respectivamente.

Investigaciones Nacionales

Efecto parasítico de *Trichogramma* y del depredador *Chrysoperla* sobre huevos de *Compsus viridivittatus*, plaga de *Vitis vinifera*, en laboratorio

Hamón, P. (2018). Efecto parasítico de *Trichogramma* y del depredador *Chrysoperla* sobre huevos de *Compsus viridivittatus*, plaga de *Vitis vinifera*, en laboratorio. Recuperado 14 de abril de 2020, de repositorio.uptc.edu.co website:

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/7786/7090

Objetivo. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto depredador de *C. carnea* y el efecto parasítico de *T. pretiosum* y *T. exiguum* sobre huevos de *C. viridivittatus* en condiciones de laboratorio.

Muestra. La investigación se realizó a partir de la colecta de individuos adultos de *C. viridivittatus*, en un viñedo ubicado en el Valle de Sáchica (Boyacá) (5°36'3,23" N y 73°33'11,84" W). Los individuos del picudo colectados fueron trasladados posteriormente al Laboratorio de Control Biológico (18±2°C y 60±5% HR) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la ciudad de Tunja en donde se desarrollaron las pruebas biológicas. Los parasitoides *T. exiguum* y *T. pretiosum* fueron suministrados por la empresa Bioagro Cartago SAS y el depredador *Chrysoperla carnea* por la empresa Perkins Ltda.

En la evaluación de los parasitoides se emplearon grupos de 240 huevos de *C. viridivittatus*, presentes en las tiras de plástico blancas que se encuentran dentro del recipiente, La unidad experimental consistió en envases de plástico transparentes, con una capacidad de 32 onzas, con ventilación, pero cierre hermético, en donde se ubicaron los huevos. En cada envase se introdujeron posteriormente los individuos del parasitoide a evaluar (*T. pretiosum* o *T. exiguum*) empleando la presentación comercial de los mismos y ajustada según lo requerido.

Resultados. El análisis de varianza para el potencial parasítico de *Trichogramma pretiosum* en huevos de *C. viridivittatus* indicó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos evaluados respecto al porcentaje de parasitismo. La prueba de comparación de medias de Tukey corroboró dichas diferencias, siendo los tratamientos de 45 y 30 individuos de *T. pretiosum* los que brindaron mayor control sobre los huevos del picudo, con porcentajes de parasitismo de 82,5 y 79,3%. Aunque la densidad de 15 individuos presentó el menor control entre los tres tratamientos evaluados, el porcentaje de parasitismo de 72,7% se considera un valor importante.

El análisis de varianza para el potencial parasítico de *Trichogramma exiguum* en huevos de *C. viridivittatus* indicó diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$), se identificaron tres grupos estadísticamente diferentes (Fig. 3A), siendo el porcentaje de parasitismo, mayor en el tratamiento de 45 parasitoides, con un 69,4%, seguido por 30 y 15 parasitoides con 50,9 y 17,9%, respectivamente.

En la evaluación del efecto depredador de *Chrysoperla carnea* sobre huevos de *C. viridivittatus*, en laboratorio, no se presentaron diferencias significativas entre las densidades de presa de 160 y 240 huevos, pero si con respecto a la de 80 huevos ($P \leq 0,05$), en relación a la cantidad de huevos consumidos; el mayor consumo se observó en la densidad de presa de 80 huevos con un 85,8%. En las densidades de 160 y 240 huevos, el porcentaje de huevos consumidos fue menor, pero siempre se ubicó por encima del 50% (67,9 y 61,2%, respectivamente)

Conclusiones. El porcentaje de parasitismo sobre huevos de *Compsus viridivittatus*, con densidades desde 15 individuos de *Trichogramma pretiosum* fue superior al 70%; mientras tanto, en el caso de *Trichogramma exiguum*, densidades inferiores a 45 individuos no representaron un efecto negativo significativo sobre las larvas.

Chrysoperla carnea ejerció una acción depredadora superior al 80% sobre huevos de *C. viridivittatus*, cuando existe una proporción 1: 80 (depredador: presa).

Trichogramma pretiosum y *Chrysoperla carnea* pueden ser consideradas herramientas potenciales de control biológico de *C. viridivittatus*, en el cultivo de vid en Boyacá.

1. Generalidades de la Caña de Azúcar

1.1 Origen

La caña de azúcar es nativa de las regiones subtropicales y tropicales del sudeste asiático. Alejandro Magno la llevó de la India hacia Persia, mientras los árabes la introdujeron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto, de donde se extendió por todo el continente africano y a la Europa meridional. A finales del siglo XV Cristóbal Colón la llevó a las islas del Caribe, de allí fue llevada a toda América Tropical y Subtropical (Según Edgerton (1958), citado por Olguín 2012).

1.2 Clasificación Taxonómica

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Angiospermae

Sub-clase: Monocotiledónea

Súper Orden: Commelinidae

Orden: Commelinales

Familia: Poaceae

Género: Saccharum

Especie: officinarum L.

1.3 Clasificación Botánica

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Alexander, 1985. Citado por Olguín et al 2012).

1.4 La raíz

Es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso.

1.5 El tallo

La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. Componente % del tallo Agua 73-73 Sacarosa 8-15 Fibra 11-16. (Alexander, 1985. Citado por Olguín et al 2012).

1.6 La hoja

Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla, las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales pueden dar lugar al nacimiento de una nueva planta.

1.7 La inflorescencia

La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variables, características de cada cultivar o variedad usado, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento, para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica (OCÉANO, 2000).

1.8 Factores ambientales

Como cualquier otro cultivo agrícola, el cultivo de la caña de azúcar se ve influenciado por un conjunto de factores ambientales como el clima, la topografía y el suelo.

1.9 El Clima

La caña de azúcar es un cultivo de clima cálido (tropical y sub-tropical) que requiere temperatura atmosférica alta, humedad atmosférica elevada y lluvias abundantes, sobre todo en la etapa de crecimiento. El cultivo tolera clima relativamente variado, encontrándose una exigencia diferente entre la fase de crecimiento y maduración. Se

observa una interrupción de su crecimiento con temperatura fría y extremadamente alta y seca; así mismo es perjudicial el exceso de lluvia en la etapa de maduración.

1.10 Temperatura

La temperatura es el principal determinante climático del cultivo de la caña dulce. Durante el ciclo de cultivo se distinguen tres períodos o etapas: germinación y desarrollo radicular, crecimiento y maduración.

1.11 Germinación y desarrollo radicular

La temperatura óptima para la germinación y el desarrollo de las raíces va de 26° a 33°C, Si la temperatura cae debajo de 20°C la germinación y el desarrollo son lentos.

1.12 El crecimiento

La caña de azúcar paraliza su crecimiento cuando la temperatura cae debajo de las 15° o sube arriba de 38°, siendo la temperatura óptima de 30° a 34°C.

1.13 Precipitación

Este cultivo necesita de un promedio de precipitación de 1200 a 1500 mm por año, en efecto, las lluvias moderadas y frecuentes, son necesarias durante el periodo vegetativo, por el contrario, la sequía durante esta fase, afecta la eficiencia de la fotosíntesis, interfiere con la absorción radicular de nutrientes y provoca la desecación foliar. Particularmente, durante su principal período de crecimiento cuando la mayor parte de la biomasa es producida, la planta de caña necesita una gran cantidad de agua y cualquier deficiencia de la misma ocasiona la disminución en el rendimiento. Por otro

lado, durante el período de maduración, el requerimiento de agua es más reducido debido a que la sacarosa se almacena solo cuando la caña detiene su crecimiento.

1.14 Topografía

La caña de azúcar, en lo posible debe ser cultivada en terrenos planos o de pendientes suaves, no superiores al 8%. En pendientes muy pronunciadas son cultivadas únicamente por pequeños productores, como ocurre en el departamento del Guaira donde se observan cultivos comerciales con pendientes de 30%.

1.15 Textura

Suelo con proporciones adecuadas de los tres componentes, es decir por lo señalado previamente, suelo franco-areno-arcillosa.

1.16 Estructura

Granular, que facilite su laboreo, además de capacidad para almacenar agua y un adecuado grado de infiltración.

1.17 Composición mineral

Una suficiente cantidad de los 4 nutrientes minerales: calcio(Ca), nitrógeno(N), fósforo(P) y potasio(K), además elementos derivados de la roca madre o proveniente del agua o aire como el boro(B), carbono(C), cobre(Cu), hierro(Fe), magnesio(Mg), molibdeno(Mo), oxígeno(O), silicio(Si), sodio(Na), azufre(S) y zing(Zn), finalmente materia orgánica, como partículas de humus.

1.18 Reacción del suelo (pH)

La caña de azúcar prospera sin mayores inconvenientes con valores de pH entre 5,5 a 8.

1.19 Profundidad

Las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar, son suelos profundos (80 a 90 cm), con buen drenaje natural.

1.20 Plagas

Barrenador de la caña *Diatraea saccharalis*, Lepidóptera, Crambidae, antes *Pyralidae*. Afecta plantas jóvenes que aún no han formado entrenudos, perfora el tallo por la parte basal, haciendo una galería en el interior y secando la hoja bandera, síntoma de afectación de *Diatraea sp.* llamado “corazón muerto”.

Método de Control. Para de *Diatraea sp.*, se utilizan dos parasitoides. *Trichogramma exiguum*, como parasitoide de huevos o posturas del barrenador y *Lydella minense*, como parasitoide de larvas de esta plaga.

Salivazo” *Aeneolamia varia* (Valle del Cauca), Hemíptera: Cercopidae A comienzos de junio de 2007, se encontraron adultos de un salivazo (Hemiptera: Cercopidae) en cultivos de caña de azúcar localizados en la zona rural del municipio de Yotoco. Hallazgo que constituyó el primer registro de este tipo de insectos que afectan la caña sembrada para la producción de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia. El insecto se identifica como *Aeneolamia varia*.

Método de Control. Se han implementado diferentes métodos de control como aplicaciones periódicas de insecticida de acción sistémica y de contacto, complementados con aplicaciones de productos entomopatógenos a base de *Metarhizium anisopliae*. Para control de adultos se puede utilizar plásticos pegajosos amarillos de 50 por 70 centímetros, en cantidad de 25 plásticos por has.

“Hormiga loca” *Paratrechina fulva* Hymenoptera, Formicidae Con la idea de que la Hormiga loca se comportara como un agente de control contra Hormigas arrieras y contra serpientes venenosas, fue introducida en Colombia desde hace aproximadamente 20 años (Zenner-Polanía, 1990a). Hasta el presente, no se ha demostrado que la Hormiga loca haya tenido efectos sobre poblaciones de Hormiga arriera

En los cultivos de caña panelera se encuentra con insectos chupadores, los cuales cuida y transporta y, a su vez, se beneficia de las sustancias azucaradas que segregan los chupadores como Cochinilla Harinosa, *Saccharicoccus sacchari*; el Pulgón Amarillo, *Sipha flava*, y la Escama Verde *Pulvinaria sp.*

Método de Control. El ICA ha socializado un cebo tóxico, cuyo ingrediente activo es el Fipronil, mezclado con mogolla de trigo, harina de pescado, azúcar y agua, con resultados excelentes para control de esta plaga

“Barrenador gigante de la caña” *Telchin licus*. Se presenta en cepas de todas las edades. El daño en la cepa se caracteriza, porque después de realizado el corte, la larva se alimenta de todos los rizomas hasta destruirlos totalmente. En cañas jóvenes, la larva entra en los retoños recién brotados y causa un marchitamiento progresivo. En cañas adultas, se presentan galerías profundas de un centímetro de diámetro. Cuando el ataque es severo, se

pueden observar hojas amarillentas en las plantas y reducción de la población de tallos, debido al volcamiento de la caña (Hernández y Amaya, 2004).

Método de Control. Existe muy poca investigación sobre el control de este insecto plaga de la caña. Cenicaña no posee información sobre control de este insecto.

Sin embargo, existe un manejo integrado que puede controlar el avance de la plaga en los cultivos. Si la plaga está presente en el cultivo, existe un paquete integrado para su control que incluye:

- El manejo de plantas hospederas tales como heliconias, plantas de banano y plátano, palmas, piña, orquídeas y pastos de los géneros *Paspallum* y *Pennisetum*.
- El control mecánico de la larva juega un papel preponderante dentro del manejo de la plaga, especialmente en fincas de pequeños y medianos productores en donde se puede llevar a cabo la recolección manual de las larvas, luego del corte de la caña, o su destrucción dentro del tallo mediante el uso de un punzón especialmente diseñado para ese fin que se introduce en cada galería encontrada de los tallos cortados para eliminar las larvas que estén presentes.
- Tres o cuatro días después de la corta se puede hacer un riego inundativo durante 48 horas en aquellas áreas en donde sea posible; esta práctica contribuye también al control del insecto. Debido al hecho de que en su estado adulto (mariposa) es de hábito matutino y presenta gran agilidad y velocidad en su vuelo, su captura con redes u otro tipo de trampas es sumamente difícil. Es imposible realizar esta práctica en las zonas paneleras, por su topografía quebrada.

1.21 Enfermedades

“Carbón” Ustilago scitaminea Es una enfermedad que puede reducir significativamente los rendimientos de la caña. La severidad del ataque y las pérdidas económicas van desde insignificantes hasta graves. El síntoma característico de la enfermedad lo constituye la formación de una estructura semejante a un látigo en la parte terminal de los tallos infectados.

Método de Control. La forma más efectiva para controlar el Carbón consiste en la siembra de variedades resistentes. Igualmente es importante estimular entre los productores de este cultivo el establecimiento de semilleros con material sano.

“Roya” Puccinia melanocephala Es una enfermedad que ataca el sistema foliar de la planta y se presenta con mayor intensidad en plantas con edades entre las seis semanas y los seis meses. Los síntomas consisten en pequeñas manchas de color amarillento, visibles en ambos lados de la hoja que al aumentar de tamaño toman un color marrón y se rodean de un círculo amarillo pálido. Las lesiones forman póstulas en el envés (parte de abajo de la hoja), aunque aparecen también en el haz (parte de encima de la hoja).

Método de Control. La mejor medida de control de la enfermedad es cambiar la variedad, teniendo en cuenta a las que presentan resistencia como la República Dominicana 7511, la Puerto Rico 61632 y la POJ 2878, entre otras.

2. Materiales y Métodos

2.1 Lugar de ejecución.

El presente trabajo se realizó en cuatro fases de experimentación de las cuales las tres primeras fases se realizaron en laboratorio con el uso de dos especies de *Trichogramma* reproducidas en laboratorio y mantenidas sobre huevos de *Sitotroga cerealella* y un eco tipo de *Trichogramma exiguum* colectado directamente de campo y mantenido sobre huevos de *Diatraea indigenella* y estuvieron destinadas a evaluar el efecto parasítico de *Trichogramma* bajo condiciones controladas, el cual se realizó en el laboratorio de producción de *Trichogramma* de la Cooperativa multiactiva de paneleros de Nariño Coopanela Ltda., en el municipio de Sandona, Departamento de Nariño, el cual se encuentra localizado en el centro oriente del departamento de Nariño a una altura de 1.817 msnm y a una temperatura de 18°C.

2.2 Lugar de ejecución

La cuarta fase de experimentación estuvo destinada a evaluar la capacidad de búsqueda de *T. exiguum* sobre huevos de *Diatraea indigenella*, ubicados a diferentes distancias 2,4,6,8 y 10, la cual se realizó en un cultivo de caña de azúcar de aproximadamente tres meses de edad ubicado en la zona de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM) de la vereda La Loma, del municipio de Sandona, Departamento de Nariño, la cual se encuentran a una altura 1.849 msnm y con ubicación geográfica al N 01°18'26.8'' W 077°28' 21.4''.

2.3 Fase de experimentación #1.

2.3.1 Material Biológico de la primera fase. Para el desarrollo de la primera fase de laboratorio del presente trabajo se utilizó una especie de la avispa parasitoide *Trichogramma*, correspondiente al eco tipo *T. exiguum*, mantenidas bajo condiciones controladas de laboratorio y mantenidas sobre huevos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae).

2.3.2 Diseño experimental. El diseño experimental es completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones por cada especie de (*Trichogramma exiguum*, *Trichogramma spp* y el eco tipo *Trichogramma exiguum* de campo), en cada repetición se contó con 30 unidades experimentales que corresponden a los tubos en donde se depositaron tanto el controlador biológico y las masas de huevos de *Diatraea indigenella* como el hospedero.

Se realizó el parasitismo sobre huevos de *Diatraea indigenella* bajo condiciones controladas, por cada especie de *Trichogramma* se individualizaron 30 hembras, de aproximadamente 24 horas de edad, en viales entomológicos de 2 cm de diámetro y 3,6 cm de altura los cuales contenían una masa de huevos frescos de *D. indigenella* de aproximadamente con un día de edad. Los viales se sellaron con un trozo de tela blanca sostenida con una banda de caucho. Utilizando este montaje, los huevos se expusieron al parasitoide por un periodo de 24 horas, durante este tiempo los viales entomológicos permanecieron a una temperatura entre 20 y 23°C y entre 70 a 80% de humedad relativa y 16:8 horas luz: oscuridad.

2.3.3 Variables evaluadas. Huevos totales por masa (H.T), Huevos parasitados (H.P), Huevos eclosionados (H.E), Huevos infértiles (H.I) (diferencia), Duración del ciclo biológico (D.B), Longevidad (L) Progenie hembras (P.H) y Progenie machos (P.M).

2.3.4 Análisis de la información. Cumplido el periodo de parasitismo durante 24 horas, se eliminó la hembra de *Trichogramma exiguum*. (reproducida en el laboratorio experimentalmente sobre huevos de *Sitotroga cerealella*. de cada vial entomológico, Luego entre el cuarto y quinto día se presentó el ennegrecimiento de los huevos, la preferencia se evaluó contabilizando el parasitismo relativo de cada uno de los huevos parasitados en la masa que contenía cada tubo a los siete días de la infestación (periodo de longevidad promedio de la avispa) y se registraron los datos en la matriz que contenía cada una de las ocho variables a medir.

Para el análisis de la información se realizó análisis de varianza con una ANDEVA y de acuerdo a las diferencias significativas de los tratamientos con las dos especies de *Trichogramma* reproducidas en el laboratorio y el eco tipo de *T. exiguum* de campo que fueron evaluados se realizó una prueba de comparación de medias que nos permitió comprobar y analizar la información resultante para lograr así obtener datos concretos del experimento con respeto al porcentaje de parasitismo.

2.3.5 Huevos totales por masa. Se realizó a través de la observación minuciosa por medio de un estereoscopio, el cual se calibro a 20 X para tener una buena imagen de la maza de huevos, los cuales estaban ubicados en un trozo de papel y con la ayuda de una

pinza entomológica se realizó el conteo uno a uno de la totalidad de huevos que contenía la masa.

2.3.6 Huevos parasitados. Se realizó a través de la observación minuciosa por medio de un estereoscopio, el cual permitió ver de forma precisa cada uno de los huevos de la masa y así poder determinar cuáles fueron parasitados (Huevos ennegrecidos), color que permite su identificación de manera precisa, luego se contabilizaron y se pudo obtener el número total de ellos.

2.3.7 Huevos eclosionados. Se realizó a través de la observación minuciosa por medio de un estereoscopio, el cual permitió ver de forma precisa cada uno de los huevos de la masa y ver su eclosión por medio de la apertura o rasgadura del orificio denominado corion el cual es el punto del huevo de *D. indigenella* por donde nacen las

microavispas

2.3.8 Huevos infértiles (diferencia). Se realizó a través de la observación minuciosa por medio del estereoscopio, el cual permitió ver de forma precisa cada uno de los huevos de la masa y determinar a través de características físicas como el arrugamiento, secado interno del huevo y color entre blanco y amarillo pálido que el huevo no era fértil a diferencia de los huevos fértiles que son bien abultados, lisos en su superficie y de color crema.

2.3.9 Duración del ciclo biológico. El ciclo biológico se determinó con la contabilización de los días desde que fueron parasitados hasta el día que emergieron como adultos de *Trichogramma exiguum*.

2.3.10 Longevidad: Se determinó con la contabilización de los días transcurridos desde que emergieron como adultos las *Trichogramma exiguum* hasta el día que murieron las microavispas dentro del vial entomológico.

2.3.11 Progenie hembras: Esta se determinó con la contabilización de las *Trichogramma exiguum* que había dentro del vial entomológico, las cuales se separaron por sexo macho y hembra por estar mezcladas y luego las hembras se individualizaron por sus dos principales características, primero por casi no tener pelos en sus antenas y por su color amarillo generalizado en su tórax y abdomen.

2.3.12 Progenie macho: Esta se determinó con la contabilización de las *Trichogramma exiguum* que había dentro del vial entomológico, las cuales se separaron por sexo macho y hembra por estar mezcladas y luego los machos se individualizaron por sus dos principales características, primero por tener abundantes pelos en sus antenas y por su color amarillo en su tórax y color negro brillante en su abdomen.

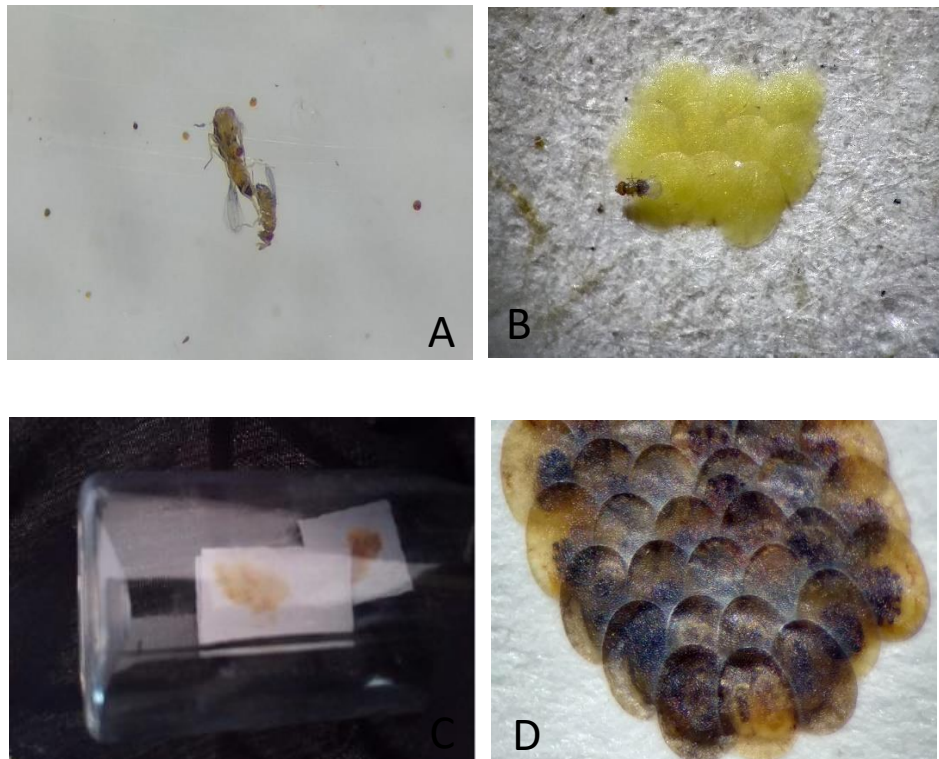


Figura 1,2,3 y 4. *Trichogramma exiguum* de Laboratorio

a) Hembra y Macho de *Trichogramma exiguum* de laboratorio, b) Huevos de *Diatraea indigenella* c) Parasitismo sobre huevos de *Diatraea indigenella*, d) Huevos de *D. indigenella* parasitados.

2.4 Fase de experimentación #2.

2.4.1 Material Biológico de la segunda fase. Para el desarrollo de la segunda fase de laboratorio del presente trabajo se utilizó una especie de la avispa parasitoide *Trichogramma*, correspondiente al eco tipo *Trichogramma spp*, mantenidas bajo condiciones controladas de laboratorio y mantenidas sobre huevos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae).

2.4.2 Análisis de la información. Cumplido el periodo de parasitismo durante 24 horas, se eliminó la hembra de *Trichogramma spp*. (reproducida en el laboratorio experimentalmente sobre huevos de *Sitotroga cerealella*. de cada vial entomológico, Luego entre el cuarto y quinto día se presentó el ennegrecimiento de los huevos, la preferencia se evaluó contabilizando el parasitismo relativo de cada uno de los huevos parasitados en la masa que contenía cada tubo a los siete días de la infestación (periodo de longevidad promedio de la avispa) y se registraron los datos en la matriz que contenía cada una de las ocho variables a medir.

La información fue analizada a través del análisis de varianza con una ANDEVA y de acuerdo a las diferencias significativas de los tratamientos con las dos especies de *Trichogramma* reproducidas en el laboratorio y el eco tipo de *T. exiguum* de campo que fueron evaluados se realizó una prueba de comparación de medias que nos permitió

comprobar y analizar la información resultante para lograr así obtener datos concretos del experimento con respeto al porcentaje de parasitismo.

El análisis de cada una de las variables evaluadas Huevos totales por masa, Huevos parasitados, Huevos eclosionados, Huevos infértiles (diferencia), Duración del ciclo biológico, Longevidad, Progenie hembras y Progenie machos, se realizó de utilizando la misma metodología de la primera fase

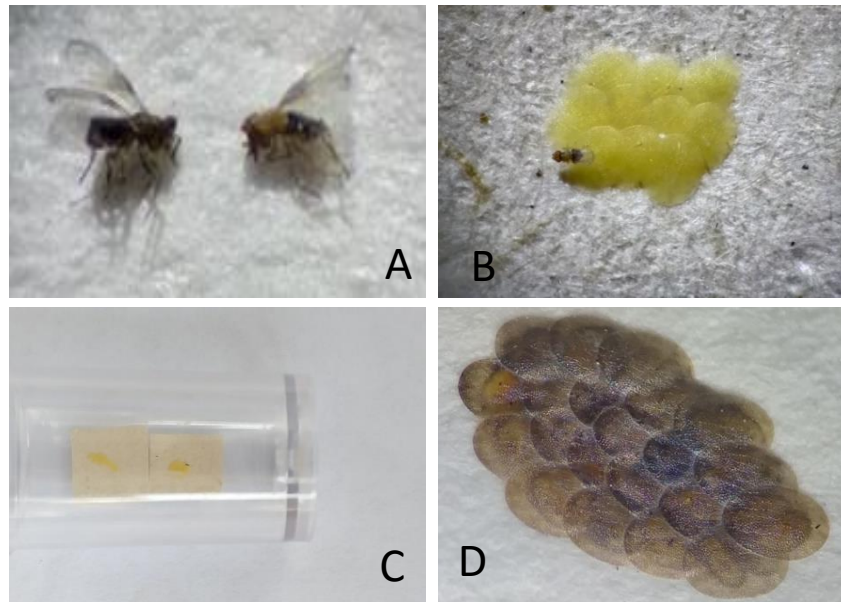


Figura 5,6,7 y 8. Ceba de *Trichogramma* spp Negras de Laboratorio

- a) Macho y Hembra de *Trichogramma* spp Negras de laboratorio b) Huevos de *Diatraea indigenella* c) Parasitismo sobre huevos de *Diatraea indigenella*, d) Huevos de *D. indigenella* parasitados.

2.5 Fase de experimentación #3.

2.5.1 Material Biológico de la tercera fase. Para el desarrollo de la tercera fase de laboratorio del presente trabajo se utilizó una especie el eco tipo de la avispa parasitoide *Trichogramma exiguum* de campo, mantenidas sobre huevos de *D. indigenella* y bajo condiciones controladas de temperatura en el laboratorio.

2.5.2 Variables evaluadas. Huevos totales por masa (H.T), Huevos parasitados (H.P), Huevos eclosionados (H.E), Huevos infértiles (H.I) (diferencia), Duración del ciclo biológico (D.B), Longevidad (L) Progenie hembras (P.H) y Progenie machos (P.M).

2.5.3 Huevos totales por masa. Se realizó a través de la observación minuciosa por medio de un estereoscopio, el cual se calibro a 20 X para tener una buena imagen de la masa de huevos, los cuales estaban ubicados en un trozo de papel y con la ayuda de una pinza entomológica se realizó el conteo uno a uno de la totalidad de huevos que contenía la masa.

2.5.4 Huevos parasitados. Se realizó a través de la observación minuciosa por medio de un estereoscopio, el cual permitió ver de forma precisa cada uno de los huevos de la masa y así poder determinar cuáles fueron parasitados (Huevos ennegrecidos), color que permite su identificación de manera precisa, luego se contabilizaron y se pudo obtener el número total de ellos.

2.5.5 Huevos eclosionados. Se realizó a través de la observación minuciosa por medio de un estereoscopio, el cual permitió ver de forma precisa cada uno de los huevos de la masa y ver su eclosión por medio de la apertura o rasgadura del orificio denominado corion el cual es el punto del huevo de *D. indigenella* por donde nacen las microavispa.

2.5.6 Huevos infértiles (diferencia). Se realizó a través de la observación minuciosa por medio del estereoscopio, el cual permitió ver de forma precisa cada uno de los huevos de la masa y determinar a través de características físicas como el arrugamiento, secado interno del huevo y color entre blanco y amarillo pálido que el huevo no era fértil a diferencia de los huevos fértiles que son bien abultados, lisos en su superficie y de color crema.

2.5.7 Duración del ciclo biológico. El ciclo biológico se determinó con la contabilización de los días desde que fueron parasitados hasta el día que emergieron como adultos de *Trichogramma exiguum* de campo.

2.5.8 Longevidad. Se determinó con la contabilización de los días transcurridos desde que emergieron como adultos las *Trichogramma exiguum* de campo hasta el día que murieron las microavispa dentro del vial entomológico.

2.5.9 Progenie hembras. Esta se determinó con la contabilización de las *Trichogramma exiguum* de campo que había dentro del vial entomológico, las cuales se separaron por sexo macho y hembra por estar mezcladas y luego las hembras se individualizaron por sus dos principales características, primero por casi no tener pelos en sus antenas y por su color amarillo generalizado en su tórax y abdomen.

2.5.10 Progenie macho. Esta se determinó con la contabilización de las *Trichogramma exiguum* de campo que había dentro del vial entomológico, las cuales se separaron por sexo macho y hembra por estar mezcladas y luego los machos se individualizaron por sus dos principales características, primero por tener abundantes pelos en sus antenas y por su color amarillo en su tórax y color negro brillante en su abdomen.

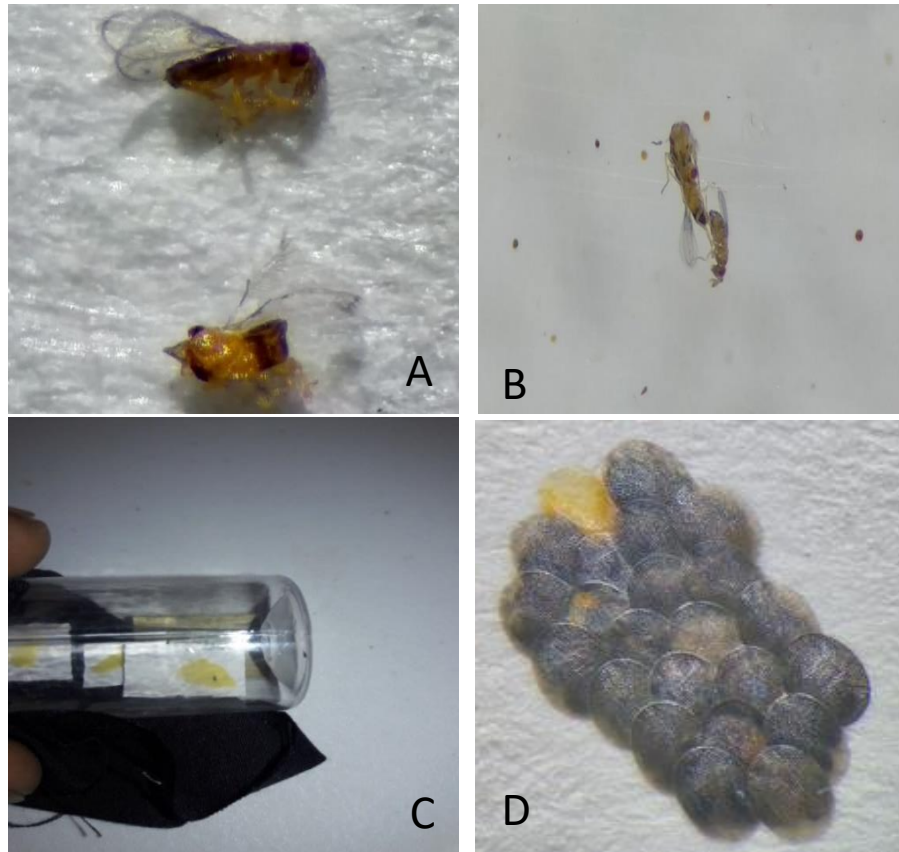


Figura 9,10,11 y 12. *Trichogramma exiguum* de campo

- a) Macho y Hembra de *Trichogramma exiguum*, b) Copula de Macho y hembra, c) Parasitismo *T. exiguum* sobre huevos de *Diatraea indigenella*, d) Huevos de *D. indigenella* parasitados.

2.6 Fase de experimentación #4

Por la naturaleza del ensayo no se estableció un diseño experimental como tal en la finca, pero si se replicó en dos ocasiones con el fin de observar el comportamiento por medio de la conducta de las variables obtenidas en cada estrato. Con el fin de poder

corroborar los resultados al realizar una prueba de comparación de medias y un análisis descriptivo del comportamiento, porcentaje y eficiencia de la parasitación versus la distancia de liberación.

Para la cuarta fase de experimentación destinada a evaluar la capacidad de búsqueda de *Trichogramma exiguum* bajo condiciones campo, la cual se realizó en una finca productora de caña de azúcar para producción de panela en la vereda. La Loma del municipio de Sandona, Departamento de Nariño, la cual se encuentran ubicada a una altura 1.849 msnm, con una ubicación al N 01°18'26.8'' W 077°28' 21.4''.

2.6.1 Material Biológico de la cuarta fase. Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó la especie de la microavispa parasitoide *Trichogramma exiguum* colectada de campo y como hospedero definitivo huevos de *Diatraea indigenella*.

2.6.2 Principales características del cultivo. Se utilizó una parcela de cultivo de caña de azúcar para producción de panela con la variedad regional (Canal Point). Entre 1 y 3 meses de edad, las cuales son cepas viejas que llevan presente en área de estudio mucho tiempo y que estaban sembradas con una distancia entre surcos de 1,30m y entre planta a 60cm y riego por aspersión.

2.6.3 Determinación del efecto de la liberación. Para determinar el efecto de la dosis de liberación en la capacidad de búsqueda de *Trichogramma exiguum* sobre huevos de *Diatraea indigenella*, bajo condiciones de campo, se realizó la liberación de una cantidad de microavispas de (2.400 aprox) por pulgada cuadrada en el punto cero.

En el ensayo se evaluaron cinco distancias desde el punto de liberación más un tratamiento testigo (sin liberación de *Trichogramma*).

2.6.4 Establecimiento de las estaciones de liberación. La estación de liberación estuvo ubicada en la finca de la vereda la Loma, la cual estuvo compuesta por una parcela con una dimensión de 12×12 m, cada punto de liberación se estableció en el centro de la parcela, teniendo como referencia los 4 puntos cardinales, Norte, Sur, Oeste y Este, abarcando hasta el punto cero 10m desde cada punto cardinal, que a su vez estuvo dividido en 5 puntos, comprendiendo 2m entre punto y punto. Los huevos parasitados (2.400 aprox) por pulgada cuadrada/h se pegaron con goma arábica, diluida al 30%, en tarjetas de cartulina de 5×2 cm; las tarjetas se colocaron en sobres de papel (unidades de liberación) de acuerdo a la cantidad de huevos parasitados por tratamiento. Al momento de la liberación las unidades se perforaron para permitir que los adultos de *Trichogramma exiguum* salieran y evitar así que los depredadores (hormigas) se alimentaran de los huevos. La unidad se colgó en una planta de caña de azúcar de la parcela, seleccionada como foco de liberación.

Periódicamente se evaluó la emergencia de los parasitoides en las unidades en el campo. Simultáneamente se distribuyeron huevos centinelas (tarjetas de 5×2 cm con huevos de *Diatraea indigenella* sin parasitar).

2.6.5 Infestación de las plantas con posturas de *Diatraea indigenella*. Los puntos de infestación con posturas de *Diatraea indigenella*, estuvieron divididos cada 2 m de longitud, haciendo un total de 5 puntos de infestación a los (2, 4, 6, 8 y 10m) para cada punto cardinal; en cada punto de infestación se colocó una tarjeta de 5×2 cm con huevos

de *D. indigenella* en el envés de la hoja de la planta de caña de azúcar y se aseguraron con clips para evitar su caída.



Figura 13. Ubicación de postura de *D. indigenella* en el envés de la hoja de caña.

2.6.6 Liberación de *Trichogramma exiguum*. Una vez aseguradas las tarjetas con los huevos de *D. indigenella* en el envés de la hoja de la planta de caña de azúcar, estas quedaron expuestas a la parasitación por parte de la microavispa parasitoide *T. exiguum*, la cual se colocó en la parte central de la estación de liberación.

Para efectuar la liberación de las microavispas, se utilizó el equivalente de la dosis indicada para una pulgada cuadrada que es de (2.400 aprox), se colocaron un día antes de su eclosión en sobres de papel, llevándose avispas ya emergidas a campo para evitar la acción de predadores.

Después de 7 días aproximadamente, se recogieron todas las posturas cuidadosamente separándose en grupos de acuerdo a los 4 puntos cardinales; las posturas colectadas se acondicionaron individualmente en placas de petri con un algodón

humedecido para evitar que estas se secan y se llevaron al laboratorio para su respectiva evaluación.



Figura 14 y 15. Liberación de pulgada cuadrada de *Trichogramma exiguum*.

a) a) Liberación de pulgada cuadrada de *Trichogramma exiguum* en campo, b)

Distancias de Posturas a 2 m.



Figura 16. Orientación de los 4 Puntos Cardinales

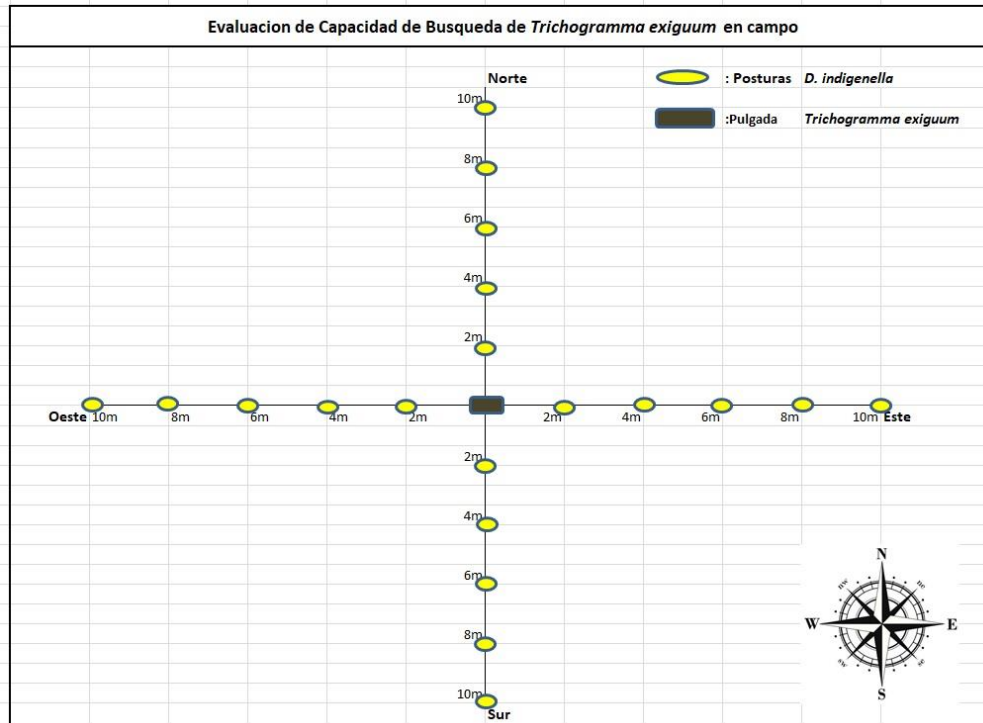


Figura 17. Ubicación de posturas de *Diatraea indigenella* a 2, 4, 6, 8,10 m en los 4 puntos cardinales.

2.6.7 Evaluación de las posturas y huevos parasitados. A partir del foco de liberación se eligieron cinco plantas distribuidas en círculos concéntricos a 2, 4, 6, 8, 10 m de distancia que fueron marcadas y en donde se depositaron los huevos centinela con el fin de evaluar la capacidad de búsqueda de las microavispa en estos. Se revisaron en cada círculo las plantas seleccionadas como parcelas independientes a los 8 días cuando se realizó el montaje del siguiente ensayo.

Se consideraron como variables de respuesta el número de huevos parasitados en cada estrato o parcela correspondiente a cada círculo, además de su comportamiento espacial y temporal después de la finalización de los dos ensayos.

3. Resultados

3.1 Fase de experimentación en laboratorio

En el análisis de varianza (Cuadro 1), para los tratamientos evaluados en la presente investigación se encontraron diferencias estadísticas en las variables, huevos parasitados, duración de ciclo, longevidad de la hembra, Macho y porcentaje de parasitación.

Mientras que, para huevos totales, huevos eclosionados y huevos infértiles, no se evidenciaron diferencias estadísticas.

Una vez realizado el Análisis de Varianza para el diseño planteado en la investigación en la cual se contemplaron tres tratamientos para *Trichogramma exiguum* el primero es aquella obtenida en campo, el segundo en laboratorio y la tercera denominada spp, y las variables huevos totales, huevos parasitados, duración de ciclo, longevidad de la hembra, huevos eclosionados, Huevos infértiles, Macho, hembra y porcentaje de parasitación.

Cuadro 1. Analisis de varianza para las variables: huevos totales, huevos parasitados, duración de ciclo, longevidad de la hembra, huevos eclosionados, huevos infértiles, Macho, hembra y porcentaje de parasitación de tres especies de *Trichogramma*.

FdeV	DF	Huevos totales	Huevos parasitados	Duración Ciclo	Longevidad de la Hembra	Huevos eclosionados	Huevos infértiles	Macho	Hembra	Porcentaje de parasitación
Trat	2.00	5.77ns	91.44*	18.11*	1.77*	56.44ns	26.77*	9**	234.11*	1390.33*
Error	6.00	20.11	8.33	2.44	0.20	23.88	6.11	0.33	24.00	151.22
Total corregido	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
CV		15.77	26.51	10.34	9.64	36.35	54.26	28.86	51.87	28.56
Media		28.44	10.88	15.11	1.77	13.44	26.77	9.00	9.44	43.00

*Diferencias estadísticas significativas ** Altamente significativas respectivamente ns no hay diferencias estadísticas.

En el cuadro 2. se observa la prueba de comparación de medias de Duncan en donde se pueden apreciar los valores correspondientes al promedio de las variables en cada tratamiento, de esta manera y de acuerdo con el interés agronómico es posible determinar comportamientos diferenciales.

Para las variables huevos totales, huevos eclosionados y huevos infértiles se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos correspondiente a *Trichogramma exiguum*, *Trichogramma*, de laboratorio y *Trichogramma* spp. Al evaluar la variable Huevos parasitados se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos al analizar el Anova, de la misma manera para las variables duración de ciclo, longevidad de la hembra.

Se encontraron diferencias altamente significativas en la variable Progenie Macho para los tres tratamientos evaluados.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Duncan para los tres tratamientos.

	Huevos totales	Huevos parasitados	Duración Ciclo	Longevidad de la Hembra	Huevos eclosionados	Huevos infértiles	Macho	Hembra	Porcentaje de parasitación
Tratamientos									
Te-L	30a	10.33b	17a	5.33a	17.66a	3.00b	3.00a	9.33ab	39.66b
Te-c	28a	16.6ab	16a	5.33a	9.00a	2.66b	3.00a	18.33b	66.00a
Te-spp	27.33a	5.66b	12.33b	4b	13.66a	8.00a	0b	0.66a	23.33b
Duncan	8.96	5.76	3.12	0.97	9.76	4.93	1.15	9.79	24.57

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Al realizar la comparación de promedios para las variables evaluadas huevos totales, huevos parasitados, duración de ciclo, longevidad de la hembra, huevos eclosionados, Huevos infértiles, Macho, hembra y porcentaje de parasitación en los tratamientos a

Trichogramma exiguum, *Trichogramma de laboratorio* y *Trichogramma spp*, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para la variable Huevos totales no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre si entendiéndose que tanto para *Trichogramma exiguum* campo, *Trichogramma de laboratorio* y *Trichogramma spp*, la cantidad de huevos encontrados por masa de cada una de las especies en estudio varió en cantidad y su comportamiento en las tres especies.

Al realizar la prueba de Duncan para la variable huevos parasitados se encuentra que para el Tratamiento *Trichogramma exiguum* de campo se tiene un valor de 16.6 siendo el más alto entre los tres tratamientos, sin embargo, no presenta diferencias estadísticas significativas con el *Trichogramma exiguum* de laboratorio cuyo valor es de 10.33. Sin embargo, en la tabla se puede observar que entre *Trichogramma exiguum* de campo presenta diferencias significativas con relación a *Trichogramma spp* con valor de 5.66. Estos valores nos indican que con relación a los huevos parasitados los mejores resultados se obtuvieron con las especies de *Trichogramma exiguum* de campo y *Trichogramma exiguum* de laboratorio.

Para la variable Duración de ciclo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con Tratamiento *T. exiguum* de Laboratorio con valor de 17 y *Trichogramma exiguum* de campo con valor de 16.6; sin embargo, estos dos tratamientos si presentaron diferencias con *Trichogramma spp* con valor de 12.33. Con estos valores se puede explicar el hecho de que el ciclo de *Trichogramma exiguum* fue más corto con relación a las otras dos especies *Trichogramma exiguum* de laboratorio y *Trichogramma exiguum* de campo.

La prueba de comparación de medias de Duncan para la variable huevos eclosionados no son significativamente diferentes entre los tres tratamientos, ratificando los resultados obtenidos en la ANOVA, para la prueba de Duncan los valores obtenidos son de 17.66, 9.00 y 13.66 para los tratamientos *Trichogramma exiguum* de laboratorio, *Trichogramma exiguum* de campo y *Trichogramma spp* respectivamente.

La evaluación de huevos infértiles en la prueba de Duncan para los tratamientos *Trichogramma exiguum* de laboratorio y *Trichogramma exiguum* de campo con valores de 3.00 y 2.66 respectivamente, no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, estos dos tratamientos sí evidenciaron diferencias significativas con el tratamiento *Trichogramma spp*, evidenciando que esta especie presenta un mayor porcentaje de huevos infértiles.

Para la variable de progenie Macho no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de *Trichogramma exiguum* de laboratorio y *Trichogramma exiguum* de campo, con valores de 3.00 y 3.00 respectivamente sin embargo sí hay diferencias de estos dos tratamientos en relación con el Tratamiento de la variable con *Trichogramma spp* con valor de 0.

Al evaluar la variable de progenie hembra con los tratamientos de *Trichogramma exiguum* de laboratorio y *Trichogramma exiguum* de campo con valores de 9.33 y 18.33 no evidencia diferencias estadísticas significativas, sin embargo, sí las hay al confrontar estos dos tratamientos con el tratamiento *Trichogramma spp*.

La evaluación del efecto parasítico de las 2 especies de *Trichogramma* de laboratorio, *T. exiguum*, *Trichogramma spp* reproducidos sobre huevos de *Sitotroga cerealella* y el eco tipo de *T. exiguum* de campo sobre huevos de *Diatraea indigenella* y mantenidos bajo condiciones controladas en laboratorio, indicó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados de *Trichogramma exiguum* laboratorio y *Trichogramma spp* con valores de 39.66 y 23.33 con relación al tratamiento de *Trichogramma exiguum* de campo con valor de 66.00, demostrando con esto que fue la especie con mejor comportamiento para parasitación.

3.2 Fase de experimentación en campo

Por otra parte, teniendo en cuenta el cuadro 3. El porcentaje promedio total de parasitismo en huevos de *Diatraea indigenella* asía los 4 puntos cardinales fue de 26,087% en la posición Norte a la distancia de 4 m, el 40% en la posición Sur a la distancia de 6 m, en la posición Este 14,815% a la distancia de 2 m, y en la posición Oeste 50% a la distancia de 4 m, en la dosis de (2.400 aprox), en la variedad regional Canal Point. La capacidad de parasitación de *T. exiguum* se ve influenciada por factores ambientales como las fuertes corrientes de viento y su dirección en esta zona, debido a que va en dirección del Sur al Oeste en la mañana y durante el transcurso de la tarde va del Norte al Este o sencillamente es inconsistente durante el transcurso de la tarde hasta la noche. dichos resultados son similares al valor obtenido por Cueva (1978) que fue de 33, 33 % en caña, plantas de tres meses de la misma variedad, en la prueba testigo.

Cuadro 3. Porcentaje de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner 1978 en posturas de *Diatraea indigenella*.

Puntos Cardinales de Evaluación	Norte					Sur					Este					Oeste				
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Distancia (m) de ubicación de posturas																				
Numero de huevos parasitados	0	6	2	0	0	15	0	4	0	0	8	3	1	0	0	0	5	4	2	0
Parasitismo en Huevos para cada distancia (%)	0	26,087	5,4054	0	0	38,462	0	40	0	0	14,815	5,8824	2,0833	0	0	0	50	8,8889	10,526	0
Numero de Huevos	49	23	37	20	12	39	53	10	17	19	54	51	48	28	13	55	10	45	19	18

4. Discusión

4.1 Fase de experimentación en laboratorio

Para las tres fases de experimentación donde se realizó la evaluación del efecto parasítico y de las variables de cada una de las especies *T. exiguum*, *Trichogramma spp* de laboratorio y el eco tipo *Trichogramma exiguum* de campo, el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los tratamientos. Para la variable huevos totales en los tres tratamientos, no hubo diferencias significativas, debido a que la cantidad de huevos encontrados por masa de cada una de las especies en estudio varió en cantidad y su comportamiento en las tres especies. Para la variable huevos parasitados se encontró que *Trichogramma exiguum* de campo tiene un valor de 16.6 siendo el más alto, sin embargo, no presenta diferencias estadísticas significativas con el *Trichogramma exiguum* de laboratorio cuyo valor es de 10.33, pero si presento una diferencia estadística con relación a *Trichogramma spp* con valor de 5.66.

Resultados similares se obtuvieron en el estudio realizado por (Claudia Velásquez F. y Marcos Gerding P. 2004). Quienes al realizar las pruebas de preferencia de *T. nerudai*, *T. maidis*, *T. evanescens*, *T. cacoeciae*, *T. pretiosum* (raza 1) y *T. pretiosum* (raza 2), afirmaron que al comparar el parasitismo de cada especie de *Trichogramma* sobre huevos del gusano del choclo *Helicoverpa zea*, hubo diferencias significativas en la parasitación, siendo *T. cacoeciae*, *T. pretiosum* (raza 1) y *T. nerudai* iguales entre sí y

significativamente diferentes y superiores a *T. pretiosum* (raza 2), *T. evanescens* y *T. maidis*.

La especie nativa *T. nerudai* con un 61,25% de parasitismo sobre huevos de *H. zea* fue similar a las especies introducidas *T. pretiosum* (raza 1) con un 63,25% de parasitismo y *T. cacoeciae* con un 50% de parasitación. Para la variable duración del ciclo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con el Tratamiento *T. exiguum* de Laboratorio se obtuvo un valor de 17 y *Trichogramma exiguum* de campo obtuvo un valor de 16.6; sin embargo, estos dos tratamientos si presentaron diferencias con *Trichogramma spp* que obtuvo un valor de 12.33.

Con estos valores se puede explicar el hecho de que el ciclo de *Trichogramma spp* fue más corto con relación a las otras dos especies. Para la variable huevos eclosionados no son significativamente diferentes entre los tres tratamientos, corroborando los resultados obtenidos en la andeva, para la prueba de Duncan los valores obtenidos son de 17.66, 9.00 y 13.66 respectivamente.

Para la variable huevos infértiles en la prueba de Duncan para los tratamientos *Trichogramma exiguum* de laboratorio y *Trichogramma exiguum* de campo con valores de 3.00 y 2.66 respectivamente, no presentan diferencias significativas entre sí, pero si se evidenciaron diferencias significativas con el tratamiento *Trichogramma spp*, debido a que este presenta un alto porcentaje de huevos infértiles. Para la variable de progenie Macho no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de *Trichogramma exiguum* de laboratorio y *Trichogramma exiguum* de

campo, los cuales obtuvieron valores de 3.00 y 3.00 respectivamente, pero si hay diferencias de estos dos con el Tratamiento de *Trichogramma spp* con valor de 0.

Para la variable de progenie hembra con los tratamientos de *Trichogramma exiguum* de laboratorio y *Trichogramma exiguum* de campo se obtuvieron valores de 9.33 y 18.33 no evidencia diferencias estadísticas significativas, sin embargo, si hay diferencia con el tratamiento *Trichogramma spp*.

Para la evaluación del porcentaje del efecto parasítico de las 2 especies de *Trichogramma de laboratorio, T. exiguum, Trichogramma spp* reproducidos sobre huevos de *Sitotroga cerealella* y el eco tipo de *T. exiguum* de campo sobre huevos de *Diatraea indigenella* valores de 39.66 y 23.33 con relación al tratamiento de *Trichogramma exiguum* de campo en el cual se obtuvo el valor de 66.00, permitió determinar que fue la especie con mejor comportamiento para realizar el parasitismo sobre las masas de huevos de *D. indigenella*, siendo esta especie la que mayor porcentaje de huevos parasitados tubo durante el experimento y demostrando su efectividad para ser utilizada en programas de control Biológico. Como resultado de este estudio se eligió a *T. exiguum* de campo para el ensayo de liberaciones para evaluar la capacidad de búsqueda de *Trichogramma* en campo.

4.2 Fase de experimentación en campo

Partiendo de la información de parasitación de *Trichogramma exiguum* sobre huevos de *Diatraea indigenella* obtenida a nivel de campo para cada punto cardinal la cual fue de 26,087% en la posición Norte a la distancia de 4 m, el 40% en la posición Sur a la distancia de 6 m, en la posición Este 14,815% a la distancia de 2 m, y en la posición Oeste 50% a la

distancia de 4 m. Se puede argumentar que el resultado se vio afectado con un porcentaje de parasitismo muy bajo en las masas de huevos de *D. indigenella* después de los 7 días de exposición a la intemperie bajo la presencia del controlador biológico en campo, ya que los factores bióticos y abióticos juegan un papel fundamental en este tipo de proceso, posiblemente debido a que por la acción de la alta precipitación que fue aproximadamente 17 mm, puede que esta situación haya influido directamente en la incubación, supervivencia y capacidad de vuelo y búsqueda de la especie *Trichogramma exiguum*, para volar y realizar el control biológico sobre las masas de huevos de *Diatraea indigenella*, debido a que por la acción de la fuerte lluvia y el viento se produjo un lavado parcial de la pulgada cuadrada de cartulina, donde los huevos de *Sitotroga cerealella* que se encontraban pegados con goma arábica diluida al 30% al humedecerse se disolvió y dejó caer los huevos al suelo, los cuales pudieron haber sido predados por hormigas o por otros insectos depredadores presentes en el área donde se llevó a cabo el experimento.

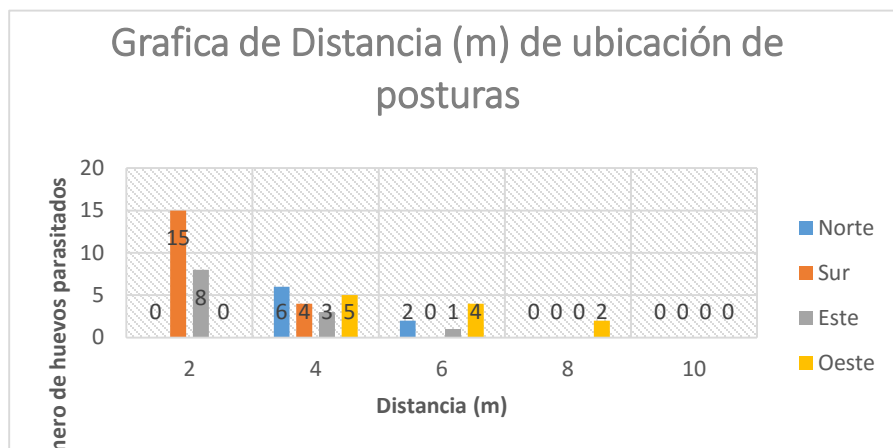


Figura 18. Promedios de parasitismo de *T. exiguum* Pinto y Platner 1978, en huevos de *D. indigenella* a diferentes distancias de liberación.

Conclusiones

Con fundamento en la información colectada y analizada del presente estudio, puede concluirse lo siguiente.

Para la fase de experimentación en laboratorio de *Trichogramma exiguum* eco tipo de campo, está presentó un alto porcentaje de parasitismo sobre huevos de *Diatraea indigenella* evaluados bajo condiciones controladas en laboratorio.

Trichogramma exiguum de laboratorio presentó un porcentaje similar de parasitismo sobre huevos de *Diatraea indigenella*, como el de *Trichogramma exiguum* eco tipo de campo bajo condiciones controladas en laboratorio, pero sí tuvieron una diferencia significativa en comparación con *Trichogramma* spp negras de laboratorio que presentó un porcentaje muy bajo o casi nulo de parasitismo sobre huevos de *Diatraea indigenella* bajo condiciones controladas en laboratorio.

Para la fase de evaluación de capacidad de búsqueda de *Trichogramma* spp sobre huevos de *Diatraea indigenella* en campo, se pudo determinar teniendo en cuenta el porcentaje de parasitismo de las masas de huevos evaluadas en las diferentes distancias en los 4 puntos cardinales y las condiciones del clima del área, que la precipitación afecta considerablemente la capacidad de incubación, emergencia, vuelo y búsqueda para realizar el parasitismo el controlador biológico, debido a que por efecto de la lluvia y el fuerte viento las pulgadas cuadradas que contenían los huevos que estaban pegados con goma arábica diluida al 30% al humedecerse se disuelve y hace que se desprendan los huevos y caigan al

suelo impidiendo así que estos puedan desarrollar su ciclo biológico y cumplir con la función de parasitismo sobre los huevos de la plaga *D. indigenella*, lo cual deja muy claro la importancia de hacer las liberaciones en campo en horas que la temperatura sea ideal como a primeras horas de la mañana y que no haya precipitación y viento moderado para que sea exitosa la liberación del controlador biológico en campo.

Recomendaciones

A través de los resultados y experiencia adquirida durante el desarrollo del presente trabajo resulta viable hacer las siguientes recomendaciones.

Hacer estudios taxonómicos de las especies de *Trichogramma spp* presente en los municipios del departamento de Nariño, para lograr así comprender más su biología y hábitos de vida, que permitan observar que tan eficiente es cada especie para realizar el control biológico del barrenador *Diatraea spp*.

Realizar evaluaciones de parasitismo de *Trichogramma exiguum* a diferentes distancias y en diferentes climas en todos los municipios productores de caña de azúcar del departamento de Nariño, para determinar su eficacia en diferentes condiciones agroclimáticas.

Realizar en todas las zonas productoras de caña de azúcar de Nariño, estudios de incidencia del barrenador de los tallos *Diatraea spp*, con el fin de poder determinar cuáles son exactamente las zonas con mayor afectación del barrenador para ser intervenidas con liberación de la avispa parasitoide de huevos *Trichogramma exiguum*.

Evaluar el efecto de las condiciones climáticas (temperatura y precipitación) en la incidencia de la plaga en los cultivos de caña de azúcar.

Referencia Bibliográfica

Aday Díaz, O., Barroso Medina, F. and Izquierdo Rojas, L. (2003). *Estimación de pérdidas causadas por Diatraea saccharalis (Fab.), en la provincia de Villa Clara, Cuba.*

[online] Cagricola.uclv.edu.cu. Available at:

http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V30-Numero_1/cag091031269.pdf

[Accessed 3 Feb. 2019].

Arteaga Jurado, O. and Tapia Melo, F. (2015). *Plan de mejoramiento para el sector productivo de panela en el municipio de Samaniego-Nariño 2014-2015.* [online]

Biblioteca.udenar.edu.co. Available at:

<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90881.pdf> [Accessed 3 Feb.

2019].

Bernal, J. (2007). *Biología, Ecología y Etología de Parasitoides.* [online] Available at:

https://www.researchgate.net/publication/257638154_Biologia_Ecologia_y_Etologia_de_Parasitoides [Accessed 3 Feb. 2019].

Bustillo Prdey A, A. (2013). *Insectos Plagas y Organismos Benéficos del Cultivo de Caña de Azúcar en Colombia.* [online] Cenicana.org. Available at:

http://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_plagas/libro_plagas.pdf [Accessed 3 Feb. 2019].

Tarazona Parra, G. A. (2011). Manejo fitosanitario del cultivo de la caña panelera Medidas para la temporada invernal. Recuperado 12 de abril de 2020, de www.ica.gov.co

website: <https://www.ica.gov.co/getattachment/6a54658e-1723-488d-a7ab-2f4baad793cb/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-cana-panele.aspx>

Cabezas G., F., Melo, M., García, M., I, G., Rodríguez, D. And Nava, D.

(2013). *Parasitismo de Trichogramma pretiosum (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre Spodoptera cosmioides (Lepidoptera: Noctuidae) a diferentes temperaturas*. [online] Scielo.org.co. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v39n2/v39n2a07.pdf> [Accessed 3 Feb. 2019].

Cadavid G, O. (2007). *Buenas Practicas Agricolas BPA y Buenas Practicas*

Manufactureras BPM en la producción de Caña y Panela. [online] Fao.org. Available at: <http://www.fao.org/3/a-a1525s.pdf> [Accessed 3 Feb. 2019].

Casanova, L. (2011). *Que son los parasitoides*. [online] Revistaciencia.amc.edu.mx.

Available at: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62_2/PDF/05_QueSonParasitoides.pdf [Accessed 3 Feb. 2019].

Castillo, C. and Zambrano, C. (2004). *Efecto de las liberaciones de Trichogramma*

exiguum. Sobre poblaciones de Diatraea spp en dos municipios de la zona panelera de Nariño. Tesis de grado ingeniero agrónomo. [online] Sired.udenar.edu.co.

Available at:

http://sired.udenar.edu.co/5218/1/Tesis%20Erika%20Igua_manuscritoEPI130318.pdf
f [Accessed 3 Feb. 2019].

Centrum, O. and ganaderia, E. (2000). 9788449414114: *Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganaderia - IberLibro - Oceano Centrum: 8449414113*. [online] Iberlibro.com. Available at:
<https://www.iberlibro.com/9788449414114/Enciclopedia-practica-agricultura-ganaderia-Oceano-8449414113/plp> [Accessed 4 Feb. 2019].

Coch, J. (1994). F.5.3. *Entomología económica. 1994. – Dr. Jorge Artigas Coch, PhD.*
[online] Jorgeartigas.cl. Available at: <http://jorgeartigas.cl/actividades-cientificas/entomologia-economica-1994/> [Accessed 4 Feb. 2019].

Generalidadesdeloscultivos.blogspot.com. (2016). *Generalidades de los Cultivos (Caña de Azúcar)*. [online] Available at:
<https://generalidadesdeloscultivos.blogspot.com/2016/04/cana-de-azucar.html>
[Accessed 3 Feb. 2019].

Gómez, K., A. and Gómez, A. (1984). *Gomez, K.A. and A.A. Gomez, (1984). Statistical procedures for agricultural research (2 ed.). John wiley and sons, NewYork, 680p.*
[online] Sciepub.com. Available at: <http://www.sciepub.com/reference/51715>
[Accessed 4 Feb. 2019].

Haro Valverde, E. (2016). *Efecto de dos dosis liberación de Trichogramma exiguum Pinto y Platner sobre huevos de Diatraea saccharalis Fabricius*. [online]
Dspace.unitru.edu.pe. Available at:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10787/Haro%20Valverde%20C%20Emeli%20Melisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Accessed 3 Feb. 2019].

L.A, L. and L.A, G.

(2006). http://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_36/st_36.pdf.

[online] Cenicana.org. Available at:

http://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_36/st_36.pdf [Accessed 3 Feb. 2019].

Lastra B, L. (1995). *Insectos Asociados con la Caña de Azúcar en Colombia*. [online]

Cenicana.org. Available at:

https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cenicana/libro_p237-263.pdf [Accessed 4 Feb. 2019].

Löhr, B., Díaz Niño, M., Manzano, M., Narváez Vásquez, C., Gómez-Jiménez, M.,

Carabalí, A., Vargas, G., Kondo, T. and Bustillo Pardey, A. (2016). *Use of parasitoids in insect biological control in Colombia*. [online]

Repository.agrosavia.co. Available at:

<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34075/CB%20CAPI%20TULO%2010%20-%20WEB.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [Accessed 3 Feb. 2019].

Osorio Mejía, P. (2018). *Preferencia de Cotesia flavipes (Hymenoptera: Braconidae) sobre barrenadores Diatraea spp. (Lepidoptera: Crambidae) de caña para panela*.

[online] Bdigital.unal.edu.co. Available at:

http://bdigital.unal.edu.co/64480/1/preferencia_Cotesia_flavipes.pdf [Accessed 3 Feb. 2019].

Olguin Villalobos, L. (2012). *Impacto de la implementación del sistema de riego por goteo, en la rentabilidad de los cultivos de caña de azúcar, en la Empresa Sociedad Agrícola Valle Grande SAC, durante el período 2009-2012..* [online]

Dspace.unitru.edu.pe. Available at:

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2501/olguin_laura.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Accessed 4 Feb. 2019].

Perkinsltda.com.co. (2003). *Control biológico de Diatraea sp. en el Cultivo de la caña de azúcar.* [online] Available at: <http://perkinsltda.com.co/articulos/01.pdf> [Accessed 3 Feb. 2019].

Ramon Patiño, A. (2011). “*Evaluación de Rendimiento agroproductivo industrial de 3 variedades certificadas de caña de azúcar (sacharun officinarum) de origen cubano (c1051-73, c 8751, c 132-81) frente al testigo variedad cristalina, en la etapa de cosecha en el canton humboya, provincia de morona.* [online] Dspace.ups.edu.ec. Available at: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1094/13/UPS-CT002112.pdf> [Accessed 3 Feb. 2019].

Senasa.gob.pe. (2004). *Trichogramma spp.* [online] Available at:

<https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/FT-1-Trichogramma-ok.pdf> [Accessed 3 Feb. 2019].

Vargas, C., Redaelli, L., Sant’Ana, J., Morais, R. and Padilha, P. (2017). *Influência da idade do hospedeiro e da aprendizagem no comportamento quimiotáxico e no*

parasitismo de Trichogramma pretiosum. [online] Scielo.br. Available at:
<http://www.scielo.br/pdf/isz/v107/1678-4766-isz-107-e2017015.pdf> [Accessed 3
Feb. 2019].

Velásquez F, C. and Gerding, M. (2006). *Evaluation of Different Species of Trichogramma spp. to the Control of Helicoverpa zea (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae)*. [online] scielo.conicyt.cl. Available at:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072006000400010 [Accessed 4 Feb. 2019].

Anexos



Anexo 1. Colecta de individuos de *D. indigenella* de campo



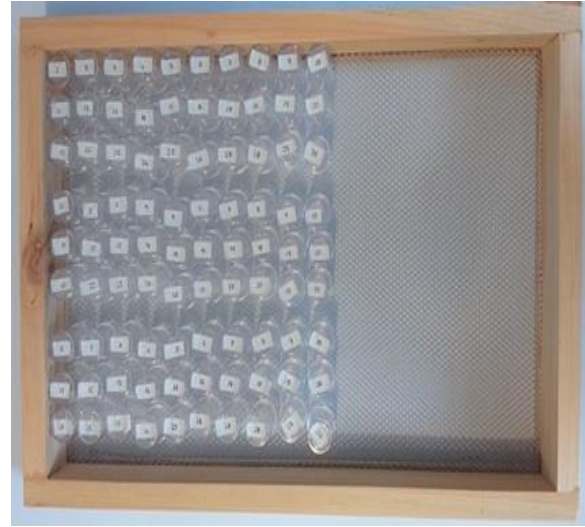
Anexo 2. Sexado de *D. indigenella*.



Anexo 3. Cámaras de copula de adultos de *D. indigenella*.



Anexo 4. Estereoscopio



Anexo 5. Viales entomológicos de 2 cm



Anexo 6. Tela Blanca



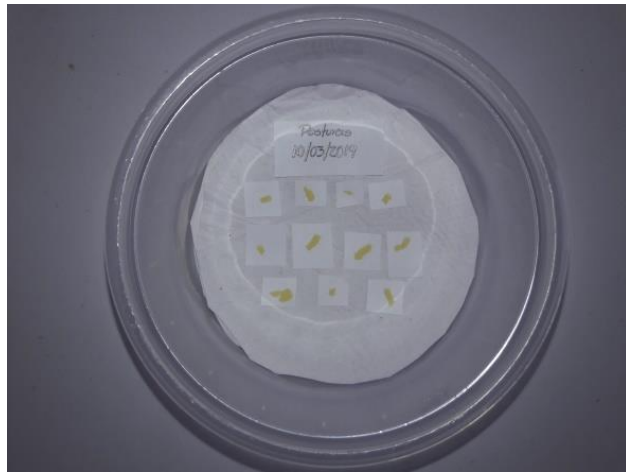
Anexo 7. Bandas de Caucho



Anexo 8. Tarjetas de cartulina 5 x 2 cm



Anexo 9. Pincel, Pinza y Punzón.



Anexo 10. Posturas frescas de *D. indigenella*.



Anexo 11. Tarjetas con posturas de *D. indigenella*



Anexo 12. Ubicación de Tarjetas con posturas de *D. Indigenella* en el envés de la hoja. De caña



Anexo 13. Campo donde se realizó el estudio



Anexo 14. Liberación de la avispa *T. exiguum* en sobres en el campo.