

**RESPUESTA FUNCIONAL DE *Trichogramma sp.* (HYMENOPTERA:  
TRICHOGRAMMATIDAE) SOBRE *Copitarsia decolora* (Guenée) (LEPIDOPTERA:  
NOCTUIDAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.**

**MARCELO VIOLA PARRA**

TRABAJO DE GRADO  
Presentado como requisito parcial  
Para optar al título de

BIÓLOGO

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA DE BIOLOGÍA  
BOGOTÁ D.C  
ENERO DE 2009**

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

### **Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946**

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

**RESPUESTA FUNCIONAL DE *Trichogramma sp.* (HYMENOPTERA:  
TRICHOGRAMMATIDAE) SOBRE *Copitarsia decolora* (Guenée) (LEPIDOPTERA:  
NOCTUIDAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

**MARCELO VIOLA PARRA**

**APROBADO**

---

**Eduardo Espitia Malagón, M.Sc.**  
Director

---

**Amanda Varela, Ph.D.**  
Codirectora

---

**Adriana Sáenz M.Sc.**  
Jurado

---

**Luz Stella Fuentes M.Sc.**  
Jurado

**RESPUESTA FUNCIONAL DE *Trichogramma sp.* (HYMENOPTERA:  
TRICHOGRAMMATIDAE) SOBRE *Copitarsia decolora* (Guenée) (LEPIDOPTERA:  
NOCTUIDAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

**MARCELO VIOLA PARRA**

**APROBADO**

---

**Ingrid Schuler, Ph.D.**  
**Decana Académica**

---

**Andrea Forero**  
**Directora Carrera de Biología**

*Dedico este trabajo  
a las personas que nunca han perdido la fe en mi, en mis sueños y en mis ideales:  
A mis padres y a mi linda hermosa*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi madre y a mi padre por la enorme paciencia que tuvieron para que llegara este día, por la ayuda y el grandísimo apoyo que me dieron en el transcurso de este periodo gracias a ellos llegué a culminar esta etapa de mi vida.

A Diana Montañez Martínez gracias por su cariño, apoyo incondicional, su gran compañía y paciencia a lo largo de este proceso, ya que sus consejos y comentarios me sirvieron para la elaboración del trabajo, sin ella no habría culminado este largo proceso.

Un agradecimiento muy especial a mi director Eduardo Espitia Malagón M.Sc. por la oportunidad que me dio de poder profundizar y de explorar nuevos espacios para ampliar mi interés en el área de entomología, así como también a su constante guía durante el desarrollo de este trabajo, así como a su dedicación.

A Amanda Varela P.hD, mi codirectora, por haberme aceptado y apoyado cuando más lo necesite. Así como también agradezco todos sus comentarios, sugerencias y observaciones realizadas durante este proceso. Gracias por tu tiempo y dedicación.

Al Grupo de Manejo Fitosanitario del C. I. Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias (CORPOICA), por haberme facilitado los espacios y los recursos necesarios para la realización de este trabajo.

A las personas del laboratorio de Entomología y del Grupo de Manejo Fitosanitario de la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias (CORPOICA), en especial a Aristóbulo López, Edison Valencia, Pablo Osorio, Chucho, y Jhon Jairo por toda la colaboración prestada durante el desarrollo de este trabajo, así como los comentarios, enseñanzas y sugerencias recibidas de cada uno de ellos, lo que hizo posible la culminación de este trabajo.

A Rebeca Lee de Asocolflores, quien me ayudó a contactarme con las fincas floricultoras en las cuales realice mis salidas de campo y de donde obtuve el material necesario para el inicio de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE TABLAS</b>	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xi
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	xii
<b>ii RESUMEN</b>	xvi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA</b>	2
2.1. Situación actual de los cultivos de hortalizas en Colombia	2
2.2. Descripción botánica de las crucíferas	3
2.3. Ataque de artrópodos plagas	4
2.3.1. Principales efectos de <i>Copitarsia decolora</i> (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae) sobre los cultivos de hortalizas	5
2.3.1.1 Generalidades del género <i>Copitarsia</i> sp.	6
2.3.1.2. Generalidades de <i>Copitarsia decolora</i> (Guenée)	6
2.3.1.3. Ciclo de vida de <i>Copitarsia decolora</i> (Guenée)	8
2.4. El control biológico en el manejo Integrado de plagas	11
2.4.1. Generalidades del género <i>Trichogramma</i>	12
2.4.2. Desarrollo de <i>Trichogramma</i>	15
2.4.3. Antecedentes del uso de <i>Trichogramma</i> sp. como parasitoide potencial en el control biológico	15
2.5. Respuesta funcional	16
2.5.1. Tipos de Respuesta funcional	17
2.5.2. Determinación de la Respuesta funcional	20
2.6. Interferencia mutua	21
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN</b>	22
3.1. Formulación del problema	22
3.2. Justificación	23
<b>4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	25
<b>5. OBJETIVOS</b>	25
5.1. Objetivo general	25
5.2. Objetivos específicos	25
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	25
6.1. Fase de Campo	25

6.2. Diseño de la investigación	28
6.3. Variables de estudio	28
6.3.1. Variables independientes	28
6.3.2. Variables dependientes	29
6.4. Fase de laboratorio	29
6.4.1. Protocolos de cría hospedero – parasitoide	29
6.4.1.1. Cría del hospedero: <i>Copitarsia decolora</i>	29
6.4.1.2. Cría del parasitoide: <i>Trichogramma</i> sp.	30
6.4.2. Ensayos	31
6.4.2.1. Evaluación de la respuesta funcional	31
6.4.2.2. Evaluación de la interferencia mutua	33
6.5. Análisis estadístico	34
<b>7. RESULTADOS</b>	35
7.1. Evaluación de los estados de desarrollo de <i>Copitarsia decolora</i> (Guéene)	35
7.2. Resultados de la evaluación de la respuesta funcional	39
7.3. Resultados de la evaluación de interferencia mutua	45
<b>8. DISCUSIÓN</b>	50
8.1. Respuesta funcional del parasitoide ( <i>Trichogramma</i> sp.) en relación al aumento de la densidad del hospedero ( <i>Copitarsia decolora</i> )	50
8.2. Efecto de la interferencia mutua de las avispas de <i>Trichogramma</i> sp. sobre la capacidad parasítica	53
8.3. Resultado del parasitismo de <i>Trichogramma</i> sp. sobre <i>Copitarsia decolora</i>	54
8.3.1. Promedio de la emergencia de adultos de <i>Trichogramma</i> sp.	54
8.3.2. Promedio de la Proporción Sexos de <i>Trichogramma</i> sp.	55
<b>9. CONCLUSIONES</b>	56
<b>10. RECOMENDACIONES</b>	57
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	58
<b>12. ANEXOS</b>	69

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1:** Salidas de Campo con colectas efectivas de *Copitarsia decolora*. La fecha de colecta, el cultivo de procedencia del material, número de individuos y estado de desarrollo 27
- Tabla 2:** Tiempo requerido por cada instar larval para el desarrollo de *Copitarsia decolora* en condiciones de Laboratorio. 36
- Tabla 3:** Número de huevos obtenidos de *C. decolora* diariamente en condiciones de Laboratorio. 37
- Tabla 4:** Parámetros de Respuesta Funcional de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora*. Coeficiente de ataque ( $a$ ), tiempo de manipuleo ( $T_h$ ) y coeficiente de correlación ( $r^2$ ) obtenidos a partir de los modelos estimación de respuesta funcional. 44

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Los tres tipos de respuesta funcional, relacionando el número de presas ( $N$ ) con el número de presas consumidas ( $N_c$ ), y el número de presas ( $N$ ) con la proporción de presas consumidas ( $N_c/N$ ) (Tomado de Fernández- Arhex & Coley 2004). 18
- Figura 2:** Montaje en el laboratorio para el mantenimiento del material colectado en campo. a) Estantes con recipientes plásticos y de vidrio, b) Detalle de los recipientes plásticos. 28
- Figura 3:** Estante donde se montaron los ensayos de respuesta funcional e interferencia mutua. 31
- Figura 4:** Montaje de huevos para los dos ensayos de parasitismo. a) Ubicación de los huevos al interior de las cajas de Petri. b) Detalle de los huevos de *C. decolora* de 24 horas de edad, vistos con el estereoscopio con un aumento de 5x. 32
- Figura 5:** Estados del ciclo de *Copitarsia decolora* en laboratorio. a) Huevo ovopositado, b) Huevos 48 hr de ovopositado, c) larva I, d) larva II, e) larva III, f) larva IV, g) larva V, h) prepupas y pupa, i) detalle de la pupa y j) Pareja de adulto. 38
- Figura 6:** Capacidad de parasitismo de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora*. Resultados del ensayo de respuesta funcional ( $\pm$  Error estándar). 39
- Figura 7:** Promedio de adultos de *Trichogramma* sp. emergidos de *Copitarsia decolora* (hospedero). Resultado del ensayo de Respuesta funcional ( $\pm$  Error estándar). 40
- Figura 8:** Proporción de sexos de *Trichogramma* sp. emergidos de *Copitarsia decolora* (hospedero). Resultado del ensayo de Respuesta Funcional. 41
- Figura 9:** Promedio de huevos eclosionados de *C. decolora* y de avispas emergidas Resultado del ensayo de respuesta funcional ( $\pm$  Error estándar). 42
- Figura 10:** Regresión lineal en función del número de huevos parasitados sobre el número de huevos del hospedero ( $N_a/N$ ), según modelo propuesto por Holling (1959). 43
- Figura 11:** Regresión logarítmica (No lineal) en función del número de huevos parasitados sobre el número de huevos del hospedero ( $N_a/N$ ), según modelo propuesto por Holling (1959). 44
- Figura 12:** Capacidad parasítica de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora*. Resultados del ensayo de interferencia mutua. ( $\pm$  Error estándar). 45

<b>Figura 13:</b> Promedio de machos y hembras de <i>Trichogramma</i> sp. emergidos de <i>Copitarsia decolora</i> (hospedero). Resultado del ensayo de Interferencia mutua (± Error estándar).	46
<b>Figura 14:</b> Proporción de sexos de <i>Trichogramma</i> sp. emergidos de <i>Copitarsia decolora</i> (hospedero). Resultado del ensayo de interferencia mutua.	47
<b>Figura 15:</b> Promedio de huevos eclosionados de <i>C. decolora</i> y promedio de avispa emergidas en el ensayo de interferencia mutua de <i>Trichogramma</i> sp. sobre <i>Copitarsia decolora</i> (± Error estándar).	48
<b>Figura 16:</b> Determinación de la interferencia propuesta por Harley & Varley (1969). Regresión lineal en función de la tasa de parasitismo a diferentes densidades del parasitoide	49

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Datos de la evaluación de <i>Trichogramma</i> sp. Sobre <i>Copitarsia decolora</i> en el ensayo de respuesta funcional	70
<b>Anexo 2:</b> datos de la evaluación de <i>Trichogramma</i> sp Sobre <i>Copitarsia decolora</i> en el ensayo de interferencia mutua	71
<b>Anexo 3:</b> Video de la actividad de parasitismo de <i>Trichogramma</i> sp. en los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> en el ensayo de Respuesta Funcional. Versión Digital.	72
<b>Anexo 4:</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de <i>Trichogramma</i> sp. sobre los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> a diferentes densidades de huevos del hospedero. Datos obtenidos con el programa SPSS.	72
<b>Anexo 5:</b> Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de <i>Trichogramma</i> sp. a diferentes densidades de los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> . Datos obtenidos con el programa SPSS.	73
<b>Anexo 6:</b> Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para los datos transformados con la ecuación $\ln(x+1)$ de las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de <i>Trichogramma</i> sp. a diferentes densidades de los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> . Datos obtenidos con el programa SPSS.	73
<b>Anexo 7:</b> Estadísticos de contraste a partir de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis entre tratamientos para las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de <i>Trichogramma</i> sp. a diferentes densidades de los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> . Datos obtenidos con el programa SPSS.	74
<b>Anexo 8:</b> Correlaciones múltiples a partir de la prueba no paramétrica de Spearman, para en el ensayo de respuesta funcional de <i>Trichogramma</i> sp. a diferentes densidades de <i>Copitarsia decolora</i> . Datos obtenidos con el programa SPSS.	74
<b>Anexo 9:</b> Promedio de Huevos parasitados y promedio de adultos emergidos para el ensayo de respuesta funcional a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento	75

<b>Anexo 10:</b> Promedio de machos y de hembras emergidas para el ensayo de respuesta funcional a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento	75
<b>Anexo 11:</b> Promedio de los huevos parasitados, promedio de los huevos eclosionados y de adultos emergidos, para el ensayo de respuesta funcional a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento.	75
<b>Anexo 12:</b> Video de la actividad parasitica de <i>Trichogramma</i> sp. en los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> en el ensayo de Interferencia Mutua. Versión Digital.	76
<b>Anexo 13:</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el ensayo de interferencia mutua de <i>Trichogramma</i> sp. sobre los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.	76
<b>Anexo 14:</b> Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de <i>Trichogramma</i> sp. sobre los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.	76
<b>Anexo 15:</b> Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para los datos transformados con la ecuación $\ln(x+1)$ de las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de <i>Trichogramma</i> sp. sobre los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.	77
<b>Anexo 16:</b> Estadísticos de contraste a partir de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis entre tratamientos para las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de <i>Trichogramma</i> sp. sobre los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS	77
<b>Anexo 17:</b> Correlaciones múltiples a partir de la prueba no paramétrica de Spearman, para las variables analizadas en el ensayo de Interferencia Mutua de <i>Trichogramma</i> sp. sobre los huevos de <i>Copitarsia decolora</i> a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS	78

**Anexo 18:** Promedio de huevos parasitados y promedio de adultos emergidos para el ensayo de interferencia mutua a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento 78

**Anexo 19:** Promedio de machos y de hembras emergidas para el ensayo de interferencia mutua a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento. 79

**Anexo 20:** Promedio de los huevos parasitados, promedio de los huevos eclosionados y de adultos emergidos, para el ensayo de interferencia mutua a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento. 79

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la capacidad parasítica de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora*. Se realizaron dos ensayos: 1). Evaluación de la respuesta funcional a partir de cuatro densidades del hospedero (30, 70, 110 y 150 huevos) expuestos durante 24 horas a una hembra de *Trichogramma* sp. 2). Determinación de la interferencia mutua utilizando diferentes densidades del parasitoide (2, 4, 8 y 16 hembras de *Trichogramma* sp.) a una densidad constante de 150 huevos del hospedero durante un periodo de 24 horas. Para los dos ensayos se tomaron los datos del número de huevos parasitados, huevos eclosionados, machos y de hembras emergidas, y la proporción de sexos para cada uno de los tratamientos. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Se comprobaron los supuestos de Normalidad (Shapiro-Will) y de homogeneidad de varianzas (Levene). Se aplicó estadística no paramétrica para establecer las diferencias a través de una prueba de Kruskal-Wallis. En el ensayo de respuesta funcional no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas ( $P > 0,05$ ). Debido a la baja capacidad parasítica los coeficientes de regresión fueron bajos y no fue posible describir el modelo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. ( $r^2 = 0,1939$ ;  $r^2 = 0,1743$ ). Para el ensayo de interferencia mutua no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas ( $P > 0,05$ ). La baja capacidad parasítica que presentó *Trichogramma* sp. puede deberse a que no reconoció de manera apropiada a *C. decolora* como hospedero para su descendencia y mantenimiento de la especie. A partir de los resultados obtenidos se propone explorar el uso de otras especies que puedan ser potenciales controladores de *C. decolora*. Además, se sugiere realizar nuevos ensayos para evaluar la eficiencia parasítica de los parasitoides sobre *C. decolora*, estableciendo previamente la interacción entre los parasitoides y *C. decolora*.



## 1. INTRODUCCIÓN

El comercio mundial de hortalizas creció a una tasa anual de 3,3 % entre 1990 y 2002 (DANE 2002). En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural indicó que en Colombia la superficie sembrada en hortalizas presentó un crecimiento del 26% entre 1991 y 2001, pasando de 86.800 hectáreas a 109.760 ha (DANE 2002).

Sin embargo, con el aumento de las áreas cultivadas se han incrementado los problemas fitosanitarios en los productos agrícolas durante su cosecha, almacenamiento y posterior comercialización. La presencia de insectos plaga en estos cultivos, ha llevado a las entidades de control a explorar nuevas técnicas para el manejo de plagas, con la utilización de enemigos naturales como los parasitoides.

El cogollero de las hortalizas, *Copitarsia decolora* (Guenée) es una plaga polífaga de gran importancia económica por su gran capacidad destructiva y por su calidad de plaga cuarentenaria (Urra & Apablaza 2005). Los principales efectos están relacionados con la flacidez de las plantas como respuesta a los daños causados por parte de *Copitarsia* (Flores-Pérez *et al.* 2004).

Por la falta de información acerca del control de esta plaga, se pueden realizar hasta seis aplicaciones de mezclas de plaguicidas en un ciclo de cultivo de sólo 60 días (Flores-Pérez *et al.* 2004), por esta razón se han utilizado técnicas de control biológico como la utilización de parasitoides.

Dentro de los parasitoides de mayor importancia en cultivos agrícolas en Colombia se encuentran las avispas del género *Trichogramma*. Este género, ha sido seleccionado por su habilidad en la capacidad de búsqueda de una amplia variedad de huevos como sitio de ovoposición, elección del hospedero para establecer una relación específica y por su habilidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Moreno-Grijalba & Pérez-Moreno 2002).

La estimación de parámetros como la capacidad de búsqueda, elección por el hospedero y la respuesta frente a las condiciones ambientales, describen la afinidad hospedero-parasitoide siendo fundamental en la evaluación de potenciales agentes de control y permitiendo seleccionar las especies más promisorias (Rincón- López & López-Ávila 1999). El estudio de *Trichogramma* sp. en programas de control biológico de insectos plaga como *Copitarsia decolora* (Guenée) permitirán predecir la eficiencia de su uso y revelar los mecanismos básicos de las interacciones parasitoide-hospedero.

La finalidad del presente estudio es contribuir con la determinación de parámetros biológicos de un posible biocontrolador de la plaga *C. decolora* mediante la determinación de la respuesta funcional de *Trichogramma* sp.

## **2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Situación actual de los cultivos de hortalizas en Colombia**

En Colombia se siembran más de 65 especies de hortalizas, distribuidas para el año 2004 en 118 mil hectáreas, con una producción aproximada de 1'448.811 toneladas (Vallejo-Cabrera 2007) y con un aumento del 3,3 % en el área sembrada entre el año 1990 y 2000 (DANE 2002). Las principales especies cultivadas son la arveja (28,8% del área sembrada), la cebolla (larga y cabezona) y el ajo (23,9%), así como, la zanahoria (7%) y las crucíferas como el repollo, brócoli y coliflor (3,8%) (DANE 2002).

Para el año 2001, se sembraron aproximadamente 3.400 ha de hortalizas en Colombia, lo que representa el 3,6% del área total a nivel nacional, generando 576.000 jornales directos. Los departamentos de mayor producción son Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Norte de Santander, Valle del Cauca y Caldas (Jaramillo & Leyva 2002).

A nivel nacional, las hortalizas se cultivan en climas fríos entre los 1600 y los 2500 m.s.n.m., lo que equivale a temperaturas entre 15 y 20°C, siendo las especies de mayor importancia económica: Las crucíferas (Cruciferae) las cuales incluyen varias especies de importancia económica como el repollo (*Brassicca oleraceae* var. *capitata*), el coliflor (*Brassicca oleraceae*

var. *botrytis*), el brócoli (*Brassicca oleraceae* var. *italica*), la col china o el repollo chino (*Brassicca perkinensis*) y la col de Bruselas (*Brassicca oleraceae* var. *gemmifera*), las cuales adquieren cada vez mayor importancia en el área agrícola (Jaramillo & Leyva 2002, Cardona *et al.* 2004).

En el departamento de Antioquia su producción abarca un área aproximada de 1900 hectáreas cultivadas, de las cuales se estima que su producción total se acerca a las 85600 toneladas al año (Cardona *et al.* 2004).

A partir del Censo Hortícola (2002), se determinó que para la Sabana de Bogotá, el repollo corresponde al tercer cultivo en importancia hortícola dentro de la canasta familiar con 181 ha cultivadas después de la lechuga (338 ha) y la zanahoria (276 ha) siendo el alimento de mayor productividad con 32 toneladas/ha (DANE 2002).

## **2.2. Descripción botánica de las Crucíferas.**

El carácter botánico más importante para agrupar a las crucíferas es la forma de la flor, el cual es siempre regular, perfecta y cruciforme (en forma de cruz) siendo esta característica la que le da el nombre a la familia. La familia de las crucíferas (Brassicaceas) comprende cerca de 2.000 especies agrupadas en 130 géneros siendo de mayor número el género *Brassica* y la especie *B. oleracea*.

Las formas cultivadas se consideran bianuales, produciendo durante el primer ciclo la parte comestible con la formación de una cabeza, pella o florete (Jaramillo & Leyva 2002, Cardona *et al.* 2004) y posteriormente los órganos florales (Jaramillo & Leyva 2002).

Las especies cultivadas se caracterizan porque son dicotiledóneas de tipo herbáceo, con una altura promedio 50–70 centímetros, con el tallo suculento único sin ramificaciones, con hojas de lámina foliar amplia de color verde, cerosas, dispuestas de forma alterna y a distancias cortas formando entrenudos cortos, lo que permite la forma de roseta. La raíz es pivotante gruesa y con ramificaciones (Jaramillo & Leyva 2002).

La flor es tipo hermafrodita, actinomorfa en inflorescencia compuesta y recompuesta en racimos terminales. Cada flor (2 - 3 mm) presenta cuatro pétalos libres amarillos en forma de cruz, dos verticilos dispuestos en cruz, seis estambres, antenas bilobuladas, ovarios superobocarpelares, estilo simple y estigma capilado. La polinización es cruzada, principalmente por abejas y diferentes insectos polinizadores. Son plantas que varían entre tres y 10 meses desde el trasplante hasta la cosecha (Jaramillo & Leyva 2002).

### **2.3. Ataque de Artrópodos plagas:**

La producción de las crucíferas enfrenta diferentes problemas fitosanitarios, principalmente problemas de insectos masticadores de follaje que afectan el rendimiento y la calidad de las cosechas, algunas de las especies claves que sobresalen en estos cultivos llegan a causar la pérdida total de la producción como la polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella*), *Copitarsia* sp. y *Peridroma* sp., ya que ocasionan daños en las etapas vegetativas y de la formación de la cabeza, afectando el crecimiento, la calidad y el ingreso económico de los productores (Gallego & Vélez 1992 citado en Fernández & Corley 2003).

Las hortalizas al igual que las crucíferas como coliflor, brócoli y rábano son atacados por diversas especies de insectos como la mariposa blanca (*Pieris brassicae*), gusano medidor (*Trichoplusia ni*) y el pulgón de las crucíferas (*Brevicoryne brassicae*) (López 1992). La especie más reciente corresponde a *Copitarsia* sp. la cual se ha venido convirtiendo en plaga de importancia económica, ya que ataca a la planta principalmente en la etapa de formación de la cabeza (Cardona-Cardona 2004).

Asociadas a estas hortalizas, se han registrado diferentes especies de lepidópteros dentro de las cuales es importante destacar a *Copitarsia* sp., *Peridroma* sp., *Spodoptera frugiperda*, *Autoplusia egea* y *Trichoplusia ni* de la familia Noctuidae, *Leptophobia aripa* y *Ascia monuste* (Pieridae) además se han identificado otros insectos como *Plutella xylostella* (Yponomeutidae) y *Hellula phidilealis* (Pyrilidae) (Gómez 1979, Gallego & Vélez 1992, Fernández 2001, Londoño *et al.* 2001). De las cuales solo *P. xylostella*, *Copitarsia* sp. *Peridroma* sp. son

consideradas especies de importancia económica ya que influyen en la productividad de estos productos agrícolas por afectar la etapa de formación de la cabeza o florete (Londoño *et al.* 2001).

### **2.3.1. Principales efectos de *Copitarsia decolora* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae) sobre los cultivos de hortalizas.**

Hay cerca de 100 especies de lepidópteros que pueden comportarse como plagas, de las cuales aproximadamente una tercera parte está asociada con hortalizas y el mayor número de especies está dentro de la familia Noctuidae (USDA 2003).

El muque o cogollero de las hortalizas, *Copitarsia decolora* (Guenée) es una plaga polífaga de gran importancia económica para Chile y México por su gran capacidad destructiva y por su calidad de plaga cuarentenaria (Urta & Apablaza 2005). Esto impide el acceso de productos como: col (*Brassicca oleracea* var *capitata*), brócoli (*Brassicca oleracea* var *itálica*), coliflor (*Brassicca oleracea* var *botritys*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga (*Lactuca sativa*), así como también para los cultivos de espárrago y alcachofa con destino hacia Estados Unidos (Urta & Apablaza 2005). Por otro parte, se ha reportado que el género *Copitarsia* actúa como defoliador de la espinaca en la Sabana de Bogotá, cuando la planta ha desplegado sus hojas verdaderas (López-Ávila 1996, Venette & Gould 2006).

Las especies del género *Copitarsia* inician su infestación en crucíferas (Repollo) de 30 a 45 días después del transplante y los mayores picos poblacionales se presentan en el período de crecimiento de la cabeza del repollo (Flores-Pérez *et al.* 2004). Los principales efectos están relacionados con la flacidez de las plantas como respuesta a los daños causados por parte de *Copitarsia* (Flores-Pérez *et al.* 2004).

Por la falta de información acerca del control de plagas, los productores pueden realizar hasta seis aplicaciones de mezclas de plaguicidas en un ciclo de cultivo de sólo 60 días, dentro de los cuales es importante resaltar: organofosforados (Clorpirifos, Profenofos y Metamidofos), piretroides (Deltametrina), carbamatos (Carbofuran), organosulfurados (Tetradifon) y extractos

vegetales como ajo-ají. El uso inapropiado y frecuente de estos productos genera riesgos a la salud de productores y consumidores, además de tener efectos negativos sobre el ambiente y la rentabilidad del cultivo (Flores-Pérez *et al.* 2004).

#### **2.3.1.1. Generalidades del género *Copitarsia* sp.**

El género *Copitarsia* se encuentra dentro de la familia Noctuidae. Dentro de ésta, la subfamilia Cucullinae. El género *Copitarsia* comprende 21 especies distribuidas en el hemisferio occidental, desde México hasta la Patagonia (Angulo & Olivares 2003). Estas especies se agrupan en dos complejos de especies: *Copitarsia* complejo *turbata*, conformado por tres especies, y *Copitarsia* complejo *naenoides* con 18 especies (Angulo & Olivares 2003, Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

#### **2.3.1.2. Generalidades de *Copitarsia decolora* (Guenée)**

Phyllum: Invertebrata

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Noctuidae

Subfamilia: Cucullinae

Género: *Copitarsia*

Complejo: *turbata*

Especie: *Copitarsia decolora* (Guenée)

La especie *Copitarsia decolora* pertenece al grupo *turbata*. Autores como Simmons & Pogue (2004) describen la especie *C. turbata* como el nuevo sinónimo de *C. decolora*. (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006). Debido a esto *C. decolora* es el nombre taxonómico válido para la especie que se conoce ahora como *C. turbata*. Esta especie, podría estar compuesta por una agrupación de individuos crípticos no reconocidos (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

Algunas especies de *Copitarsia* son consideradas como plagas polífagas, porque se alimentan de 39 cultivos pertenecientes a 19 géneros (Simmons & Pogue 2004), en cultivos y producciones agrícolas así como durante el período de la postcosecha. Dentro de las especies más representativas que se pueden reportar como plagas en Colombia se encuentra *C. decolora* (Guenèe), *C. incommoda* (Walter) y *C. consueta* las cuales son especies de importancia económica por los daños que causan en los cultivos de hortalizas (Angulo & Olivares 2005) y de flores como en *Alstromeria* sp. de corte (Torrado-León *et al.* 2005)

El primer registro de *Copitarsia* sp. en Colombia fue realizado por Zenner de Polania (1970), con la descripción del ciclo de vida de los muques de la papa *Peridroma pos saucia* (Hübner) y *Copitarsia consueta* (Walker), indicando que estas plagas atacaban los cultivos de papa en etapa de germinación, floración y formación del producto (Cardona *et al.* 2004).

Una de las principales razones de su amplia distribución se debe a la gran cantidad de productos agrícolas y comerciales que afecta desde México hasta Chile (Angulo & Weigert 1975, citado por Cardona *et al.* 2004). En México se reporta su presencia en cultivos de acelga, betabel, espinaca y romerito (Guevara & Cervantes 1991, citado por Cardona *et al.* 2004), alfalfa, chícharo y girasol (MacGregor & Gutiérrez 1983, citado por Cardona *et al.* 2004). En Colombia ha sido reportada afectando cultivos de alcaparro enano, alcachofa, papa, arveja, caléndula, cebolla, curuba, haba, maíz, espárrago, algunos cereales, crucíferas en general y flores como gladiolo y novios (ICA 1989).

La razón por la cual en los últimos años *Copitarsia* sp. ha venido adquiriendo gran importancia en las plantaciones de crucíferas en Colombia se debe a que afecta la etapa de formación del cabeceo, perforando las dos o tres primeras hojas del repollo. En coliflor, consume el florete en parches, daño que después es seguido por una oxidación y la consecuente mancha del producto alimenticio o de una descomposición bacteriana (Londoño *et al.* 2000, citado por Cardona *et al.* 2004).

El Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) realiza revisiones sistemáticas a los cargamentos de flores colombianas en las cuales se han registrado altos porcentajes de larvas de Lepidópteros de la familia Noctuidae principalmente *Copitarsia* sp., dando como resultado la devolución de los embarques. Las flores más afectadas corresponden a la *Alstromeria* sp., *Limonium* sp., *Dianthus* sp., que representan el 59 % del total de las flores afectadas, seguidas de las flores *Aster* sp. y *Chrysanthemum* sp. (Guerra & Forero 2002). Las especies de *Copitarsia* no se han reportado hasta el momento para los Estados Unidos, aunque se presume que puede estar presente (Simmons & Pogue 2004), lo que hace a este un insecto plaga cuarentenario para las exportaciones de flores de corte de nuestro país.

*C. decolora* está registrada en Centro América y Sur América como en Venezuela, Uruguay, Perú, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, México, Argentina y Chile (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006). Su presencia se encuentra en cultivos como: uva, alfalfa, alcachofa, cebolla, chile de pimienta, garbanzo, fresa, frambuesa, espárrago, maíz, manzana, girasol, patata, pistacho, remolacha, repollo, tabaco, trigo, ajo, clavel, feijoa, kiwi, betarraga, espinaca, trébol y *Alstromeria* sp. (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006). También *C. decolora* es considerada una plaga de mayor importancia económica, porque dentro de su dieta natural están lechuga, arveja, remolacha y papa (Torrado-León *et al.* 2005).

### **2.3.1.3. Ciclo de vida de *Copitarsia decolora* (Guenée).**

Los huevos de *C. decolora* son esféricos, ligeramente aplanados hacia la parte inferior (polo inferior), éstos varían de color crema, café claro, marrón y negro (cuando la larva esta punto de salir), recién puestos tienen un color crema blanco; con el desarrollo embrionario presentan manchas de color café claro que aparecen rodeando el micrópilo y forman un aro en la mitad del huevo (Olivares & Angulo 2004).

Cuando se acerca la eclosión, estas manchas adquieren una tonalidad vinotinto y cuando la larva va a salir se torna negro. Luego el corion se torna semitransparente y permite observar la cápsula cefálica de la larva. Algunos huevos que no alcanzan a eclosionar se tornan amarillos y con el paso del tiempo se deshidratan. Los huevos además presentan 34 costas

radiales semionduladas longitudinales que rodean el huevo, de las cuales 21 llegan a la zona micropilar, con 10 a 13 celdas primarias, de 12 a 15 celdas secundarias subiguales en largo, la fórmula micropilar (10-13) (12-15) y la presencia de dos a tres micrópilos (Olivares & Angulo 2004).

Las larvas pasan por cinco instares, son de color verde o amarillo en los tres primeros instares. Luego se tornan café y negro cuando están llegando a los dos últimos instares. La larva de primer instar es de color crema recién emergen del huevo y a medida que se van alimentando de material vegetal, se van volviendo verde claro o amarillo. El escudo protorácico y el escudo anal es de color negro y claramente se diferencian. Las setas tienen la mitad del ancho de la larva. Los pináculos son negros y notorios pero no tienen un tamaño considerable. Los espiráculos son de forma oval y están rodeados por discos de color crema o amarillo. Las patas torácicas, presentan un color negro, las pseudopatas de los segmentos A3 y A4 están poco desarrolladas (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

Las larvas de segundo instar adquieren una tonalidad verde claro con una línea longitudinal blanca en la parte dorsal, una franja blanca más ancha en la región subdorsal y una línea blanca en la parte subespiracular mucho más gruesa que la dorsal. La cápsula cefálica presenta un color café amarillento con manchas cafés; este color se mantiene hasta el último instar. El escudo anal y protorácico ya no son de color negro, ni tampoco notorios, su color es similar al del resto del cuerpo. Los espiráculos están rodeados por discos color crema. Se muestran los pináculos color negro con setas cortas (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona, 2006).

El tercer instar, presenta un color verde oscuro. La parte dorsal tiene un color verde claro con dos líneas longitudinales verde oscuro y conserva una coloración más oscura en la zona subdorsal, que llega hasta la franja subespiracular de color crema con tonalidades anaranjadas (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

El cuarto ínstar tiene coloraciones cafés y a veces casi negras. En la zona dorsal del abdomen aparecen unas manchas de tipo triangular que van desde A1 hasta A9, las cuales no son muy notorias cuando la larva es de color verde. La franja subespicular presenta unos visos naranjas, mientras que los pináculos ya no son notorios (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

En la larva de último ínstar las manchas triangulares aparecen mucho más notorias en algunos individuos que en otros; las pseudopatas presentan unas series uniordinales de 23 a 28 ganchos (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

En la prepupa (fase final del quinto ínstar), los órganos de alimentación y locomoción de las larvas se atrofian; el cuerpo adquiere una forma engrosada y disminuye su longitud al tamaño de la pupa (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

La pupa es obtecta, presenta un tono naranja brillante, con la división de los segmentos claramente visibles y las marcas oculares color negro. Se torna oscura, cuando el adulto está a punto de emerger. El cremáster se encuentra formado por cuatro espinas; un par, el más largo, es ventrado y el otro, de menor tamaño, está en el dorso respecto al par anterior. Para diferenciar los sexos, se compara la ubicación de la placa genital (donde está la abertura genital): la hembra está en el octavo y noveno segmento ventral y en el macho está sólo en el noveno segmento ventral (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006).

Los adultos, presentan un tamaño mediano (aprox. 3 cm envergadura) y un color castaño. Las hembras son de mayor tamaño que los machos. Las alas anteriores, adquieren colores castaños claros a oscuros y las alas posteriores, presentan una coloración clara en la base y en el centro, que se va oscureciendo gradualmente hacia los bordes; la venación es muy visible (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona 2006). Llevan una banda basal de color castaño claro en ambos lados, que va desde la costa presentando una forma de zig-zag desapareciéndose en el tronco cubital, una pequeña mancha claviforme poco visible de color castaño claro rodeada de castaño oscuro. Una mancha subcircular color castaño claro, con un

pequeño punto castaño claro que esta en el centro y bordeada de una franja castaño oscuro. Una banda mediana reducida a una línea oscura dentada que lleva consigo de seis a siete dientes hacia el ápice alar (Torrado-León *et al* 2005).

Una mancha negra reniforme bordeada de un castaño claro con un poco de castaño oscuro. Presentan una banda en la parte posterior transversa de un color castaño claro limitada de castaño oscuro en el costado basal, con dientes dirigiéndose hacia el ápice alar (nueve-10 dientes). Una franja subterminal de color castaño claro que limita con castaño oscuro en ambos lados, poco dentado hacia el ápice del ala. En la parte terminal una banda estrecha castaño claro con siete a ocho dientes, con un color castaño oscuro dirigiéndose hacia la base (Torrado-León *et al.* 2005).

#### **2.4. El control biológico en el manejo Integrado de plagas**

El manejo integrado de plagas es un programa en el que se combinan todas las técnicas conocidas para reducir las poblaciones de las plagas y mantenerlas a un nivel no dañino. Se utiliza no solamente la represión con productos químicos, sino también el control biológico y las labores culturales tales como variedades resistentes, épocas de siembra y cosecha, cultivos trampa, etc. Estos métodos constituyen la base fundamental de cualquier programa del manejo integrado de plagas, ya que limitan las poblaciones plagas a un bajo costo y a su vez lograr altos rendimientos sin causar mayor daño al medio ambiente (Castillo *et al.* 1988).

Con el uso de los insecticidas químicos, se creyó haber llegado al punto culminante en el manejo de las plagas. Aunque éstos permitieron un incremento en la industrialización de la agricultura, su uso indiscriminado trajo consecuencias graves al crear un desequilibrio natural que indujo un aumento en las densidades poblacionales de las plagas, por la alta resistencia a los productos químicos. Esto a su vez ha conducido a la búsqueda continua de productos más poderosos y costosos (Castillo *et al.* 1988).

Actualmente, la agricultura enfrenta la necesidad de disminuir los impactos ambientales, debido a una creciente sensibilidad social y a una mayor conciencia colectiva frente a la

contaminación química y el impacto que tiene ésta sobre la salud y la calidad de vida de las personas (FIA 2004).

Ante este desafío nace el concepto de “producción limpia” cuyo objetivo es prevenir o minimizar los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente. Una estrategia para enfrentar este desafío es implementar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), que es un conjunto de principios y recomendaciones técnicas aplicables en las distintas etapas de producción, con el objetivo de asegurar la inocuidad e higiene del producto y el respeto por el medio ambiente y la salud de los trabajadores (FIA 2004).

El uso de enemigos naturales en el manejo de insectos plaga, se conoce hoy en día como control biológico. El término fue utilizado por primera vez por H. S. Smith en 1919, para referirse al uso de enemigos naturales, introducidos o manipulados para el manejo de insectos plaga, incluyendo depredadores, parasitoides, hiperparasitoides, hongos, bacterias y virus entomopatógenos, o sea el uso de organismos vivos como agentes para el control de plagas (Lezcano).

El control biológico ofrece varias ventajas sobre los métodos convencionales que los productores agrícolas han estado usando. La liberación masiva de parasitoides (p.e. *Trichogramma* sp.) aporta beneficios en los Programas de Manejo Integrado de Plagas como: especificidad del parasitoide hacia la plaga, preservación de fauna benéfica y la ausencia de contaminación ambiental una vez se ha establecido el parasitoide en los cultivos y se logre el desarrollo de siguientes generaciones en campo (Castillo *et al.* 1988).

#### **2.4.1. Generalidades del género *Trichogramma*.**

*Trichogramma* pertenece a la familia Trichogrammatidae y a la subfamilia Trichogrammatinae, estos Hymenoptera son endoparasitoides de huevos, solitarios o gregarios e idiobiontes, parasitan principalmente lepidópteros, pero pueden atacar en menor proporción huevos de Hymenoptera, Neuroptera, Diptera, Coleoptera y Hemiptera (Riquelme *et al.* 2006).

El género fue descrito por Westwood en 1833 y actualmente contiene unas 180 especies, 38 de las cuales se encuentran registradas para América del sur (Moreno-Grijalba & Pérez-Moreno 2002, Querino & Zucchi 2003).

La superfamilia Chalcicoidea a la cual pertenece este género, se encuentra compuesta por parasitoides. Las especies del género *Trichogramma* posiblemente han sido las más utilizadas en todo el mundo y a nivel de control biológico de plagas, se usan principalmente *T. evanescens*, *T. dendrolimi*, *T. pretiosum*, *T. brassicae* (= *maidis*) y *T. nubilale* (Moreno-Grijalba & Pérez-Moreno 2002).

Dentro de las características morfológicas que permiten la identificación de los adultos de *Trichogramma* se encuentra: su pequeño tamaño de aproximadamente 0.3 mm de longitud y el macho aproximadamente 0.2 mm de longitud, con el último segmento de las antenas de color negro, un color amarillo en todo el cuerpo, el abdomen oscuro y el tórax en algunas partes de color oscuro y los ojos de color rojo, el primer par de alas no presentan venación y tienen pequeñas setas en la superficie dispuestas en hileras (Bertorelli 2007, Bertorelli & Rengifo 2007).

Las hembras son polífagas, lo cual se encuentra asociado con su habilidad para reconocer diferentes tipos de huevos como sitios de ovoposición y de la capacidad de utilizar a diferentes hospederos. Por lo tanto, se ha señalado que una sola hembra de la misma especie puede parasitar varios hospederos, incluso de distintos órdenes (Rincón-López & López-Ávila, 1999).

Parasitan huevos de al menos 200 especies de lepidópteros (mariposas y polillas). La hembra de este parasitoide busca los huevos recién depositados de sus hospederos y les inyecta su ovopositor, tres o cuatro días después los huevos parasitados adquieren un color oscuro, lo cual indica que hay un efectivo desarrollo de la avispa en el interior del huevo parasitado (Bertorelli 2007, Bertorelli & Rengifo 2007).

La obtención de un buen parasitismo se logra por medio de liberaciones preventivas, que se inician con la presencia de los primeros adultos de la plaga y continúan a intervalos periódicos, de modo que haya una sincronización con la ovoposición fresca del hospedero. Las liberaciones continúan hasta que observan equilibrios ecológicos sostenidos. Para esto es importante hacer un seguimiento continuo de la plaga con el fin de detectar su llegada y cuantificar las poblaciones de las especies dañinas que atacan los cultivos (Bertorelli 2007).

Debido a su gran importancia, *Trichogramma* se ha estudiado más que cualquier otro parasitoide. De igual manera, no se conoce hoy en día ningún hábitat terrestre que carezca de las especies de este género, siendo por lo tanto un género cosmopolita (Moreno-Grijalba & Pérez-Moreno 2002).

El corto tiempo de generación de *Trichogramma* y el hecho de que pueden ser criados sobre hospederos alternos, permiten a estas avispas reproducirse rápidamente, en relación con otros parasitoides. La capacidad de dispersión, el ritmo de parasitación de avispas en campo y las condiciones de almacenamiento son características deseadas para los programas de control biológico (Rincón-López & López-Ávila 1999; Abdurrahman *et al.* 2007).

El uso de hospederos alternos que sirven como soporte de la producción de *Trichogramma* llevó a Flanders (1929) a desarrollar el método de crianza masiva de *Sitotroga cerealella* (Lepidóptera: Gelechiidae) empleando trigo como fuente alimenticia de la polilla. En las primeras crías se utilizaban cuartos especiales, pero las innovaciones y mejoras fueron sucediendo hasta contar con gabinetes de diferentes materiales y/o conformaciones (Castillo *et al.* 1988). Esto demuestra el desarrollo tecnológico que se adelanta alrededor de este tipo de implementación para el control de las plagas hortícolas.

El desarrollo de sistemas de cría masiva de *Trichogramma* se ha implementado en Norte América, Francia, Brasil, Venezuela y Colombia (Ferrer 2001), con excelentes resultados; sin embargo muchos aspectos requieren ser estudiados para conocer el efecto de diferentes factores ligados a la especie del parasitoide y al hospedero (Morales *et al.* 2004), aun así, han

sido ampliamente utilizadas como agentes control biológico en proyectos de liberaciones inundativas (Stinner 1977).

#### **2.4.2. Desarrollo de *Trichogramma*.**

*Trichogramma* presenta un ciclo biológico corto y generalmente se completa en ocho días de huevo a adulto. A las 24 horas de parasitado el huevo del hospedero se desarrolla dentro de éste una larva pequeña que puede durar cinco días en convertirse en pupa dos días después llega a su estado adulto (Bertorelli & Rengifo 2007).

Los huevos del hospedero parasitados por el adulto de *Trichogramma*, detienen el desarrollo de las larvas de los hospederos siendo reemplazados por la formación de adultos de estos parasitoides, los cuales al multiplicarse en campo, incrementan los porcentajes de parasitismo natural (Bertorelli & Rengifo 2007).

#### **2.4.3. Antecedentes del uso de *Trichogramma* sp. como parasitoide en el control biológico**

Debido a la importancia de los parásitos de larvas y de huevos, Enoch (1895 citado por Castillo *et al.* 1988) realizó estudios en cultivos de *Heliothis zea* (Maíz). A partir de la cría y liberaciones masivas de *Trichogramma*, logró el objetivo de reducir el número de aplicaciones de insecticidas en las zonas donde se hicieron las liberaciones (Castillo *et al.* 1988).

En Perú se han hecho liberaciones de *Trichogramma* frente algunas plagas del algodón, más que todo en *Heliothis virescens* y *Mescinia peruella*; en cítricos contra *Argyrotaenia spheropa* y en caña de azúcar contra el barrenador *Diatrea saccharalis* (Monje *et al.* 1999).

Diversas especies de *Trichogramma* son usadas comúnmente en Programas de Control Integrado en Estados Unidos, China y México. En Venezuela, las liberaciones de *Trichogramma* empezaron comercialmente en el ciclo 1977-1978 cuando se emplearon 82.430 pulgadas cuadradas en Portuguesa y Barinas. Para el ciclo 1984-1985, se liberaron un total de 177.775 pulgadas cuadradas (Castillo *et al.* 1988).

Castillo *et al.* (1998) reportan que cada pulgada cuadrada contiene en promedio 3.000 huevos viables de los cuales el 85% como mínimo debe estar parasitado, de los cuales el 80% da lugar a los adultos de *Trichogramma*, por lo cual se recomienda liberar un promedio de 20 pulgadas cuadradas/hectárea (Castillo *et al.* 1988).

La dinámica del hábito parasítico de cada especie ha demostrado diferencias en la eficiencia contra las diferentes plagas del algodón, trabajando con especies autóctonas e introducidas, observaron que el parasitismo por *Trichogramma* fue alto sobre huevos de *Alabama argillacea* y *Heliothis* sp. (Castillo *et al.* 1988; Navarro & Marcano 1999).

Ridgway *et al.* (1981) atribuyen las fallas de parasitación de *Trichogramma* sp. a factores como insuficiente número de liberaciones, la utilización de especies no autóctonas, liberaciones a destiempo y la inadecuada distribución en el campo (Castillo *et al.* 1988).

## **2.5. Respuesta funcional**

El término, respuesta funcional fue utilizado por primera vez por Solomón (1949), quien describe la relación entre el número de presas consumidas por un depredador en función de la densidad de la presa, durante un espacio e intervalo de tiempo fijo (Fernández & Corley 2004).

La respuesta funcional de los depredadores expresa la influencia del comportamiento de los enemigos naturales como individuos, sobre la dinámica poblacional, siendo central para cualquier descripción sobre parasitismo o depredación, precisamente porque el número de presas consumidas y de individuos parasitados, determinan el desarrollo, supervivencia y reproducción de los depredadores y parasitoides (Fernández & Corley 2004).

En vista de que el parasitismo y la depredación son comportamientos similares, ya que en ambas se hace uso de otro organismo para sobrevivir, es correcto tratar y analizar las respuestas de parasitismo como un tipo de depredación (Holling 1959). Por esta razón, la tasa

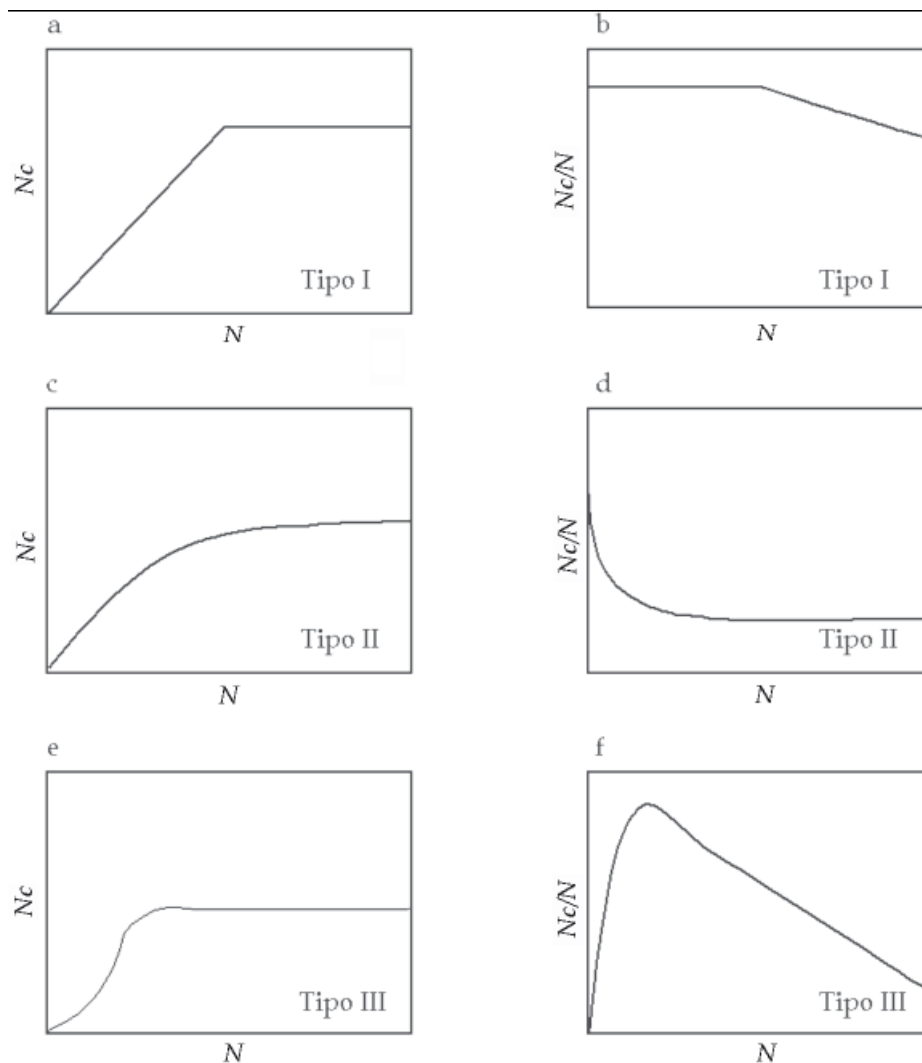
de parasitismo se mide por el número de hospederos en los cuales el parasitoides deposita sus huevos.

Los estudios en respuesta funcional han sido ampliamente utilizados para evaluar la potencialidad de agentes de control biológico de plagas, a través de la estimación de la densidad asintótica (de saturación) de las presas, más allá de la cual se incrementa la probabilidad de escape (Fernández-Arhex & Corley 2003; Begon *et al.* 1995). También permite entender relaciones coevolutivas hospedero-parasitoides e inferir acerca de los mecanismos etológicos básicos implícitos en dichas interacciones (Fernández & Corley 2004).

En la estimación de la respuesta funcional, el mayor interés radica en conocer la forma general de la curva para el depredador en estudio, precisamente por sus potenciales efectos sobre la estabilidad del sistema (Fernández-Arhex & Corley 2003).

### **2.5.1. Tipos de Respuesta Funcional**

Los modelos matemáticos que describen las relaciones que existen entre enemigos naturales como: la relación depredador-presas o parasitoides-hospederos, han sido descritos por Holling (1959) en tres importantes tipos de respuestas funcionales que los parasitoides y depredadores pueden exhibir. Estos tipos de respuestas funcionales parecen corresponder a diferentes estrategias de alimentación y cada una puede ser representada por una curva diferente (Holling 1959).



**Figura 1.** Los tres tipos de respuesta funcional, relacionando el número de presas ( $N$ ) con el número de presas consumidas ( $N_c$ ), y el número de presas ( $N$ ) con la proporción de presas consumidas ( $N_c/N$ ) (Tomado de Fernández- Arhex & Coley 2004).

En la respuesta de tipo I (Figura 1a y 1b) existe un aumento lineal de la tasa de parasitismo del parasitoide respecto a la densidad del hospedero, hasta llegar a un punto de saturación más allá del cual no ocurren incrementos en la tasa de parasitismo, por lo cual el parasitismo permanece constante. Este tipo de respuesta refleja uno de los aspectos más realistas de modelos clásicos como los de Thompson (1930) y Nicholson & Bailey (1935) (Fernández &

Corley 2004). En éstos, las interacciones hospedero-parasitoide ocurren en ambientes estacionales, con una tasa de parasitismo denso-independiente (Fernández & Corley 2004).

En la respuesta funcional de tipo II (Figura 1c y 1d) la recta que la representa es curvilínea, donde a medida que la densidad del hospedero se incrementa, el número de hospederos parasitados por el parasitoide también incrementa pero a una tasa decreciente a medida que se alcanza el máximo valor. Adicionalmente aparece otro parámetro, además de la eficiencia de búsqueda, denominado tiempo de manipulación ( $Th$ ). Este se define como el tiempo dedicado a buscar, dominar, parasitar y prepararse para la siguiente búsqueda. Dado que el tiempo de búsqueda se reduce (debido al tiempo de manipulación), este tipo de respuesta resulta en un aumento desacelerado a medida que aumentan los hospederos parasitados, hasta llegar a una asíntota en la cual se expresa la máxima tasa de parasitismo ( $T/Th$ ) (Fernández & Corley 2004).

Este tipo de relación resulta en un parasitismo denso-dependiente inverso, lo que implica que las altas densidades poblacionales del hospedero, tendrán una menor probabilidad de ser atacadas que cuando están a densidades bajas. Para los parasitoides, tanto el tiempo de manipulación constante como la limitación por escasez de huevos conducen a respuestas de tipo II (Fernández & Corley 2004).

En resumen, las repuestas tipo I y II se diferencian en que en la repuesta tipo I, se asume un tiempo de búsqueda constante ( $T$ ), mientras que los organismos que tienen un comportamiento tipo II, gastan tiempo en una serie de actividades diferentes a la búsqueda, como el tiempo de manejo o manipulación del hospedero, la muerte y parasitismo del hospedero, así como el tiempo que gastan aseándose y descansando, el cual reduce el actual tiempo disponible para búsqueda entre otras que son llamadas "tiempo de manejo" y se denominan  $Th$  (Fernández-Arhex & Corley 2003).

Una curva sigmoidea es la que resulta en una respuesta de tipo III. En este caso, el número de hospederos parasitados por unidad de tiempo se acelera con el aumento de la densidad de

hospederos, hasta que el tiempo de manipulación comienza a limitar su consumo (Figura 1e y 1f). Este tipo de respuesta se produce, a bajas densidades de hospederos, una mortalidad denso-dependiente directa. Es por esta razón que solo la respuesta de tipo III es potencialmente estabilizadora de la dinámica hospedero- parasitoide y es importante destacar que esto sucede a bajas densidades del hospedero (Morales *et al.* 2001; Fernández & Corley 2004). Una vez superado el punto de inflexión, la curva se parece a la descrita para la respuesta de tipo II (Fernández-Arhex & Corley 2003; Fernandez & Corley 2004). Esta curva representa generalmente organismos como aves y mamíferos que son capaces de adquirir algún tipo de aprendizaje.

Respuestas de tipo I se observan en general en animales filtradores; las de tipo II se presentan generalmente en depredadores invertebrados, incluidos los parasitoides, mientras que las de tipo III son más características de depredadores vertebrados, ya que este tipo de curvas surge típicamente por aprendizaje o por la posibilidad de cambiar una presa por otra (Fernandez & Corley 2004). Sin embargo, ciertos artrópodos depredadores y parasitoides poseen respuestas de tipo III (Fernández-Arhex & Corley 2003).

Aunque los tres tipos de respuesta funcional han sido medidos originalmente en relación con la tasa de depredación y la densidad de la presa, los resultados se han extrapolado a la actividad parasítica, siendo la curva tipo II o ecuación de Holling la más utilizada para interpretar la respuesta de los artrópodos parasitoides (Moreno-Fajardo & Serna-Cardona *et al.* 2006).

### **2.5.2. Determinación de la respuesta funcional**

Además de los estudios realizados con respecto a los insectos depredadores y sus presas, se han realizado también estudios que buscan determinar los tipos de curvas exhibidas por insectos parasitoides en relación a sus hospederos a diferentes densidades. Dentro de los primeros trabajos realizados en esta área se encuentran el de DeBach & Smith (1941) y Ulliyet (1949), donde indicaron que el número de hospederos atacados por el parasitoide aumentó a

medida que se incrementaron las densidades del hospedero, pero tendió a nivelarse con los incrementos adicionales (Moreno *et al.* 2001).

Burnett (1951) trabajó con el parasitoide *Dahlbominus fuliginosus* y su relación con el hospedero *Neodiprion sertifer*, encontrando que la respuesta funcional del parasitoide estuvo influenciada por los diferentes regímenes de temperatura. Sin embargo, Holling (1959) indicó que los datos de Burnett se ajustaron a la curva tipo II, describiendo claramente el comportamiento de *D. fuliginosus*. Otro de los trabajos de gran importancia en esta área fue realizado por Messenger (1968) quien examinó la relación entre la fecundidad del parasitoide *Praon exsoletum* en diferentes densidades del hospedero *Therioaphis trifolii* bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad, en este estudio se observó igualmente que el comportamiento del parasitoide se describe correctamente con la curva tipo II de acuerdo a la ecuación de respuesta funcional de Holling (1959). Cave & Gaylor (1989) indicaron que la eficiencia de parasitismo de *Telenomus reynoldsi* sobre varias densidades de *Geocoris punctipes* la cual se ajustó mejor a la ecuación de Holling (1959) (Curva tipo II).

## 2.6. Interferencia mutua

Hassell & Varley (1969) mejoraron el modelo propuesto por Nicholson & Bailey (1935), mostrando que el área de búsqueda de un entomófago parasitoide es variable pero no constante. Esta área de búsqueda es función de una constante de búsqueda ( $Q$ ) a la vez que  $m$  es una constante de interferencia mutua. La relación es:

$$\log a = \log Q - m \log P$$

El área de búsqueda ( $a$ ) está definida como la facultad de una hembra parasitoide buscar y parasitar a un hospedero viable.

Hassell & Varley (1969) indican que la estabilidad de las poblaciones tanto de los parasitoides como de los hospederos aumenta cuando la constante de interferencia mutua aumenta de 0,3 a 0,6. El modelo permite asumir que la estabilización de las fluctuaciones de abundancia es

más marcada a medida de que  $m$  es más alta; así como también permite asumir que varias especies de parasitoides pueden sobrevivir a partir de un mismo hospedero.

### 3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

#### 3.1. Formulación del problema

*Copitarsia decolora* es una plaga que se alimenta del follaje de diferentes productos agrícolas como el repollo (*Brassica oleracea* L.) y flores. Afecta el rendimiento y la calidad del producto comercial, siendo la principal limitación en el mercado de las hortalizas causado por los daños que se producen en la cosecha y postcosecha; sin embargo, los métodos convencionales utilizados en Colombia para el control de las mismas tienen altos costos económicos y no son los más adecuados por la contaminación del medio ambiente (Vallejo-Cabrera 2007).

En Colombia los trabajos realizados acerca de la biología de *Copitarsia decolora* corresponden a los realizados entre 1970 y 1980, época durante la cual se consideraba la existencia de una especie de *Copitarsia* que atacaba principalmente la papa y el coliflor. Sin embargo, estudios recientes indican que en Colombia existen varias especies de *Copitarsia* siendo necesario identificarlas, conocer su biología y su comportamiento para establecer estrategias de manejo integrado (Angulo & Olivares 2003).

En la Sabana de Bogotá la presencia de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) ha causado pérdidas del 20% en los rendimientos del repollo, llegando a incrementarse hasta en el 50% (Pérez & Vásquez 2003). Gran parte de estas pérdidas surge como consecuencia del uso inadecuado de productos químicos para su control, así como en la aplicación de ingredientes activos que no están recomendados para el cultivo, ni para el control de la plaga (Pérez & Vásquez 2003).

Las especies de *Trichogramma* se utilizan como agentes de control biológico en proyectos de liberaciones masivas, principalmente como controladores de las plagas hortícolas y forestales. Por esta razón se hace necesario realizar investigaciones específicas para formular de

manera correcta su uso frente a *Copitarsia decolora* en cultivos hortícolas (Morales *et al.* 2004).

La eficiencia del parasitismo de *Trichogramma* sp. se puede determinar a través de estudios de respuesta funcional en la relación parasitoide-hospedero. Sin embargo hasta el momento no se han realizado estudios específicos de *Trichogramma* sp. y su respuesta frente a *Copitarsia decolora*. Por lo tanto es necesario establecer protocolos y parámetros para evaluar la potencialidad del parasitoide sobre *C. decolora* a partir de los cuales se pueda llegar a hacer una aproximación de la dinámica poblacional, posterior implementación de programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en Colombia.

El desarrollo de este trabajo se enmarcó dentro del proyecto “Modelo de producción de hortalizas limpias bajo condiciones de la Sabana Occidente de Bogotá en el marco de las buenas prácticas agrícolas” ejecutado por el Centro de Investigaciones Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), relacionado con la producción de hortalizas con el empleo de técnicas sostenibles como el control biológico.

### **3.2. Justificación**

Uno de los problemas que afronta la agricultura es la calidad de los productos y su comercialización, la cual disminuye significativamente por el efecto de las plagas. Actualmente, la mayor rentabilidad se logra gracias a la aplicación de insecticidas químicos. Sin embargo con el uso indiscriminado de estos productos se deteriora con mayor rapidez los ecosistemas, razón por la cual es necesario tratar de restablecer el equilibrio biológico en las zonas sometidas a explotaciones extensivas como las zonas de cultivo.

En este sentido la labor más importante que se está realizando para alcanzar esta meta, es la implementación de investigaciones acerca de la biología e interacciones de los insectos que son enemigos naturales de las plagas, los cuales impiden que las poblaciones plagas aumenten de tal manera que lleguen a generar pérdidas económicas.

Se ha demostrado que con la implementación de parasitoides como *Trichogramma* sp. en cultivos afectados por insectos plaga, se ha disminuido significativamente la aplicación de insecticidas químicos (Moreno-Grijalba & Pérez.-Moreno 2002). El uso de estos insectos benéficos actúan en los cultivos como parasitoides de huevos cumpliendo roles útiles para la sostenibilidad agrícola.

El uso de *Trichogramma* sp. como agente de control biológico ha sido comprobada en diferentes oportunidades para diferentes hospederos, obteniéndose excelentes resultados (Castillo *et al.* 1988, Monje *et al.* 1999, Ferrer 2001, Morales *et al.* 2004). Sin embargo, hasta el momento la utilización de esta avispa como parasitoide de *Copitarsia decolora* aún no ha sido verificada.

De las liberaciones realizadas en Colombia se han obtenido resultados favorables; pero tanto la bibliografía nacional como extranjera no señalan claramente los resultados obtenidos ni sus recomendaciones de uso. Además, con el surgimiento de nuevas plagas es necesario realizar investigaciones específicas como trabajos de biología básica, ciclos de vida, tasas de interferencia mutua y respuesta funcional del parasitoide sobre la plaga, para poder implementar adecuadamente su uso.

Por esta razón es de gran importancia la realización de ensayos bajo condiciones controladas para conocer el comportamiento de *Trichogramma* y la respuesta funcional frente a *C. decolora*, ya que a partir de esta información puede ser posible identificar la eficiencia de parasitismo en condiciones naturales. De modo que el desarrollo de estos ensayos y protocolos de rápida evaluación bajo condiciones controladas permitirán tener una descripción rápida y objetiva del parasitoide, siendo una excelente herramienta como apoyo en la toma decisiones para implementación de manejo de plagas en cultivos naturales afectados.

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

¿Cuál es la respuesta funcional de *Trichogramma sp.* sobre *Copitarsia decolora* en condiciones de laboratorio?

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 Objetivo General**

Determinar la respuesta funcional de *Trichogramma sp.* sobre *Copitarsia decolora* en condiciones de laboratorio

##### **5.2 Objetivos Específicos**

1. Establecer la relación entre la densidad poblacional de *Copitarsia decolora* y el nivel de parasitismo alcanzado de *Trichogramma sp.* en condiciones de laboratorio.
2. Describir la respuesta funcional de *Trichogramma sp.* sobre *Copitarsia decolora* bajo condiciones de laboratorio
3. Describir la interferencia mutua de *Trichogramma sp.* sobre las posturas de *Copitarsia decolora* bajo condiciones de laboratorio.

#### **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se desarrolló en cámaras de cría bajo condiciones controladas de temperatura de  $22^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$  y humedad relativa del  $75\% \pm 5\%$ , en el laboratorio de Entomología del Grupo de Manejo Fitosanitario de la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias (CORPOICA), ubicado en el Centro de Investigación Tibaitatá km 14 Vía Mosquera (Cundinamarca).

##### **6.1. Fase De Campo**

Los muestreos inicialmente se desarrollaron en cultivos de repollo, en la sabana de Bogotá para la búsqueda de la plaga de las hortalizas *Copitarsia consueta*, sin embargo debido a la época del año en que se realizaron las salidas de campo se encontró que los cultivos estaban

próximos a cosechar y que la densidad de la especie era baja, por las aplicaciones químicas para el control de la plaga, razón por la cual no se logró coleccionar individuos para obtener el pie de cría de esta especie. Debido a esta razón, se tomó la decisión de coleccionar *Copitarsia decolora* la cual genera igualmente gran interés económico por los daños causados en cultivos de hortalizas y flores de corte como *Alstromeria* sp.

Los muestreos y colectas de los huevos y larvas de *Copitarsia decolora* se hicieron en lotes de cultivos de flores de *Alstromeria* sp, en la Sabana de Bogotá (Cundinamarca) de las fincas Luzama y Los Mollos, que pertenecen a la Asociación Colombiana de Floricultores (Asocolflores) y se encuentran ubicadas en los municipios Funza y Mosquera. Estos lugares se eligieron para la colecta según los reportes en la zona de ataques de *C. decolora*.

Los muestreos se realizaron entre los meses de junio y septiembre de 2008. En total se realizaron 15 salidas de campo en las cuales se coleccionó el material en los diferentes estados de desarrollo, a partir del cual se obtuvo el pie de cría de *Copitarsia decolora* (Tabla 1).

La colecta de los huevos y larvas de diferentes instares o próximas a pupar de *C. decolora* se realizó mediante observación directa, en los cultivos de *Alstromeria* sp. tanto en campo como en las áreas de almacenamiento.

El material coleccionado se trasladó dentro de una nevera de icopor al Laboratorio de Entomología del Grupo de Manejo Fitosanitario del C. I. Tibaitatá de Corpoica.

**Tabla 1:** Salidas de Campo con colectas efectivas de *Copitarsia decolora*.

Fecha de Colecta	Número de Individuos	Estado de Desarrollo	Finca de Procedencia
26 de Agosto de 2008	2	Hembras Adultas	Los Mollos
	1	Macho Adulto	Los Mollos
2 de Septiembre de 2008	2	Prepupa	Los Mollos
	4	Larvas en IV- V Instar	Los Mollos
	5	Larvas en II- III Instar	Los Mollos
9 de Septiembre de 2008	3	Larvas en I- II Instar	Luzama
	3	Larvas en III Instar	Luzama
	4	Larvas en II- III Instar	Luzama
	4	Larvas en IV Instar	Luzama
	Grupos de 100 aprox.	Huevos próximos a eclosionar	Luzama
16 de Septiembre de 2008	Grupos de 100 aprox.	Huevos de 1 día	Luzama
	1	Larva en V Instar	Luzama
	4	Larvas en II Instar	Luzama
	4	Larvas en III Instar	Luzama

Los huevos y larvas de *C. decolora* colectados fueron ubicados en cajas plásticas, con una abertura con malla perforada en su parte superior, permitiendo el paso del aire; cada caja se rotuló con los datos de colecta y se depositaron hojas frescas de *Alstromeria* sp. como alimento, las cuales se cambiaron día de por medio. La cámara de cría se mantuvo bajo condiciones constantes (Figura 2).



**Figura 2:** Montaje en el laboratorio para el mantenimiento del material colectado en campo. a) Estantes con recipientes plásticos y de vidrio, b) Detalle de los recipientes plásticos.

## **6.2. Diseño de la investigación**

Para los dos ensayos se montaron experimentos con un diseño de bloques completos al azar. Para cada uno de los ensayos se tomó como unidad experimental la caja de Petri, en la cual se confinaron los huevos que eran sometidos a cada tratamiento.

Los experimentos tuvieron cada uno cinco repeticiones. Ya que las repeticiones fueron montadas en el tiempo y cada una constó de la totalidad de los tratamientos, el diseño experimental correspondió al de Bloques Completos al azar.

## **6.3. Variables del estudio**

### **6.3.1. Variables independientes**

Para el ensayo de respuesta funcional la variable independiente correspondió a la densidad de huevos del hospedero. Para el ensayo de interferencia mutua la variable independiente correspondió a la densidad del parasitoide.

### **6.3.2. Variables Dependientes**

Las variables dependientes de los ensayos de respuesta funcional e interferencia mutua son las siguientes: número de huevos parasitados, número de huevos eclosionados, número de avispas emergidas, número de machos y hembras emergidas.

## **6.4. Fase de laboratorio**

En esta fase se ajustaron los protocolos de cría del hospedero (*C. decolora*) y se realizaron los dos ensayos: el primero correspondió a respuesta funcional y el segundo a interferencia mutua.

### **6.4.1. Protocolos de cría hospedero - parasitoide:**

#### **6.4.1.1. Cría del hospedero: *Copitarsia decolora***

La primera generación de *C. decolora* se obtuvo a partir de las diferentes salidas de campo (Tabla 1), por medio de la colecta directa en los cultivos de *Alstromeria* sp. Los individuos colectados completaron su ciclo de desarrollo bajo condiciones de laboratorio. Las larvas fueron criadas con dieta natural a partir de hojas de *Alstromeria* sp. frescas al igual que las siguientes generaciones.

Para el proceso de cría los adultos se mantuvieron separados por parejas en frascos de vidrio de cinco litros de capacidad con boca ancha los cuales permanecieron cubiertos por una muselina, sostenida con bandas de caucho. Los frascos montados se denominaron "cámaras de cría". A partir de allí se tomaron los huevos puestos por las hembras en las bandas de papel ubicadas al interior de la cámara de cría. Los huevos fueron trasladados a recipientes plásticos para su mantenimiento y desarrollo, para evitar la deshidratación del huevo fue necesario hidratarlos con 2 o 3 gotas de agua destilada todos los días. Después de la formación de las pupas se trasladaron nuevamente a las cámaras de cría hasta la emergencia del adulto. Las condiciones del laboratorio a las que se encontraron fueron constantes ( $22\pm 2$  °C, 55% de humedad relativa, 13:11 horas (luz: oscuridad) (Figura 2a).

Los adultos se alimentaron por medio de una bolita de algodón impregnada con una solución aguamiel al 10%. Los huevos obtenidos de los frascos de adultos se ubicaron en recipientes con las mismas dimensiones, hasta esperar su eclosión. A partir de allí se inició el proceso de producción y mantenimiento de hospederos viables para el desarrollo de los ensayos antes mencionados.

La cría de *C. decolora* se dio entre los meses de septiembre y diciembre de 2008, tiempo durante el cual se logró obtener dos generaciones en laboratorio. De ese material se tomaron los huevos necesarios para la realización de los ensayos propuestos.

#### **6.4.1.2. Cría del parasitoide: *Trichogramma* sp.**

Los adultos de *Trichogramma* sp. fueron proporcionadas por el Laboratorio de Entomología del Grupo de Manejo Fitosanitario de C. I. Tibaitatá (CORPOICA). Los cuales proceden de una cría masiva establecida en laboratorio con material proveniente de colectas realizadas en la Sabana de Bogotá. El establecido de la cría y mantenimiento se ha logrado con la utilización de *Tecia solanivora* como hospedero. Actualmente, esta especie se encuentra en proceso de determinación taxonómica, así como la descripción de su biología y desarrollo, razón por la cual ha sido utilizada en estudios donde el objetivo evaluar la potencialidad de la especie como agente de control de plagas en cultivos propios de la zona utilizándolos como hospederos, al ser una especie nativa es conveniente investigar su uso para los programas de manejo integrado de plagas.

Los adultos se mantuvieron en frascos de vidrio de cinco litros con boca ancha y tapa rosca, donde se alimentaron con gotas de aguamiel al 10%, con el propósito de mantenerlas viables por el mayor tiempo posible.

Las avispas emergidas copularon por espacio de un día; al cabo de este tiempo se trasladaron a las cámaras plásticas (Cajas de Petri de 9 cm de diámetro y 1 cm de alto) donde se ubicaron los huevos de *C. decolora* para parasitar (Figura 3)

### 6.4.2. Ensayos

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó la metodología de Rincón-López & López-Ávila (1999). Se expusieron cuatro densidades de huevos del hospedero (30, 70, 110 y 150) de aproximadamente 24 horas de ovopositados a la actividad parasítica de las hembras de *Trichogramma* sp. de aproximadamente 24 horas de emergencia. Posteriormente las hembras estuvieron dentro de un recipiente por 24 horas en libertad de copular con machos emergidos (Figura 3).



**Figura 3:** Estante donde se montaron los ensayos de respuesta funcional e interferencia mutua.

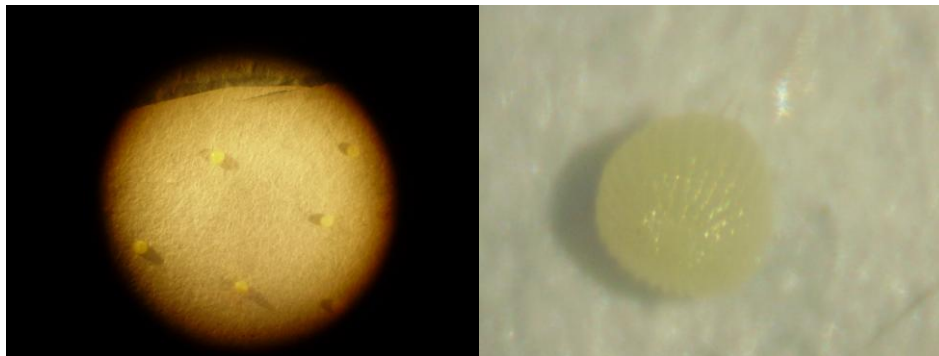
#### 6.4.2.1. Determinación de la respuesta funcional.

El ensayo de respuesta funcional consistió en un montaje mantenido por 24 horas. Se evaluaron las cuatro densidades (30, 70, 110 y 150) de huevos del hospedero de un día de edad. Los huevos se dispusieron uniformemente en parches de 5 cm<sup>2</sup> sobre papel de toalla dentro de cajas de Petri plásticas estériles (9 cm de diámetro y 1 cm de alto), denominada área de búsqueda (Figura 4). Al interior de la caja de Petri se liberó una hembra de *Trichogramma* sp. de aproximadamente 24 horas de edad, la cual había estado en contacto con machos para los eventos de cópula

Después de las 24 h las avispas fueron retiradas de cada una de las cajas de Petri. Al quinto día de montado el ensayo se procedió a registrar el total de huevos parasitados para cada unidad experimental de cada tratamiento.

Se registró igualmente el número de huevos parasitados y se realizó un seguimiento a los huevos con signos de parasitación hasta la emergencia del parasitoide. Posteriormente, se registró el número de adultos emergidos y se identificó el sexo de los adultos en cada uno de los tratamientos.

El ensayo tuvo cinco bloques (repeticiones), en cada bloque se montó los cuatro tratamientos o densidades del hospedero *C. decolora* (30, 70, 110 y 150 huevos de *C. decolora*). Cada bloque se montó con un día de diferencia, como parte del diseño experimental para un diseño de bloques al azar (Anexo 1)



**Figura 4:** Montaje de huevos para los dos ensayos de parasitismo. a) Ubicación de los huevos al interior de las cajas de Petri. b) Detalle de los huevos de *C. decolora* de 24 horas de edad, vistos con el estereoscopio con un aumento de 5x.

La respuesta funcional fue evaluada por medio del modelo de regresión lineal basados en las ecuaciones de linealización ( $[y = Ax + B]$ ; donde A es el coeficiente de regresión o pendiente de la recta; B intercepto con eje X; x variable independiente e y variable dependiente) propuesta por Holling (1959). El detalle del modelo y la descripción de la nomenclatura se presentan a continuación:

Holling (1959b) basada en el modelo de linealización de la ecuación del disco:

$$[N_a / P = a T_t N / 1 + a T_h N]$$

$$[N_a / N = -a T_h N + a]$$

Donde:  $a = (B)$  y,  $T_h = -(A / a)$

Donde  $N_a$  representa el número de huevos parasitados por el parasitoide  $P$ ,  $P$  el número de parasitoides (1 parasitoide),  $a$  tasa de búsqueda del parasitoide,  $T_t$  el tiempo experimental (24 horas),  $T_h$  el tiempo de manipuleo,  $N$  el número de huevos del hospedero,  $S$  número de huevos sin parasitar,  $A$  es la pendiente y  $B$  el intercepto con el eje X obtenidos del análisis de regresión.

Se estimaron los parámetros de la respuesta funcional como: la eficiencia instantánea de búsqueda ( $a'$ ) y el tiempo de manipuleo ( $T_h$ ), mediante la ecuación de disco de Holling (1959) reformulada. Cada regresión se realizó con base a las 5 repeticiones para cada densidad del hospedero.

#### **6.4.2.2. Evaluación de la interferencia mutua**

Este ensayo permitió evaluar el efecto de la densidad del parasitoide (*Trichogramma* sp.) sobre la actividad parasítica de las hembras. Se registró la variación del número de huevos parasitados con relación a los cambios en la densidad del parasitoide y se estimó la capacidad de búsqueda del parasitoide en condiciones de hacinamiento.

La metodología utilizada es la descrita por Rincón-López & López-Ávila (1999), donde se utilizaron cuatro densidades de hembras de *Trichogramma* sp.: dos, cuatro, ocho y 16 hembras, las cuales fueron expuestas a una densidad constante de 150 huevos de *C. decolora* dentro de cajas de Petri plásticas estériles (9 cm de diámetro y 1 cm de alto). Las hembras de *Trichogramma* sp. y los huevos de *C. decolora* presentaron las mismas características del ensayo anterior.

Así mismo la evaluación del ensayo se realizó a partir del quinto día, contando los huevos que presentaron signos de parasitismo. Adicionalmente se realizó un seguimiento a los huevos con signos de parasitación hasta la emergencia del parasitoide. Se registró el número de adultos que emergieron y se identificaron los adultos (proporción de sexos) en cada uno de los tratamientos. El ensayo tuvo cinco repeticiones, las cuales se montaron con un día de diferencia (Anexo 2), en cada una de las repeticiones se montaron los cuatro tratamientos o densidades del parasitoide (dos, cuatro, ocho y 16 hembras de *Trichogramma* sp.)

#### **6.5. Análisis estadístico:**

Los datos obtenidos se organizaron en matrices independientes para cada ensayo (Anexo 1 y 2). Cada matriz incluyó los datos por repetición (fecha de inicio y finalización), así como los datos para cada una de las variables medidas.

Los análisis estadísticos de los datos, se realizaron utilizando el programa estadístico SPSS Base 15.0, con una probabilidad del 0.05.

Para los ensayos de respuesta funcional e interferencia mutua se evaluaron los supuestos de normalidad de los datos para las cinco variables: número de huevos parasitados, número de huevos eclosionados, número de avispas emergidas, número de machos y hembras emergidas, a partir de la prueba de Shapiro-Wilk, con el cual se comprobó que las variables estudiadas presentaban una distribución normal (Anexo 4 y 13). La homogeneidad de varianzas se verificó con el contraste de Levene, a partir del cual no se obtuvo homogeneidad para ninguna de las variables (Anexo 5 y 14), por lo tanto los datos fueron transformadas a partir de la ecuación:  $\ln x + 1$ , para comprobar de nuevo la homogeneidad de los datos, la prueba de Levene indicó que los datos no tenían homogeneidad para ninguna de las variables (Anexo 6 y 15).

Teniendo en cuenta los anteriores resultados, para los ensayos se realizó un análisis estadístico (no paramétrica) de Kruskal-Wallis ya que cumplían los supuestos de normalidad,

con la cual se verificó si existían diferencias significativas entre los tratamientos propuestos para cada una de las variables (Anexo 7 y 8).

Se determinaron las posibles relaciones entre las variables, mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Anexo 8 y 17).

Las regresiones se realizaron a partir de los datos del número de huevos parasitados y se presentó el coeficiente de determinación con la ecuación que describe la pendiente de la curva. A partir de estos valores se pudo determinar el comportamiento de *Trichogramma* sp. sobre *C. decolora* y determinar si se ajustó o no al modelo descrito por Holling (1959) para respuesta funcional.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Evaluación de los estados de desarrollo de *Copitarsia decolora* (Guéene)

Las observaciones para la descripción de los estados desarrollo de *C. decolora* se realizaron únicamente a partir de la cría de 39 individuos, mediante el seguimiento de los tiempos de desarrollo desde las posturas del huevo en las cámaras de cría hasta la emergencia del adulto (omitiendo los tiempos de los adultos, larvas y huevos colectados en campo inicialmente).

El ciclo de vida desde la postura del huevo hasta la emergencia del adulto se desarrollo en un período mínimo de 61 días y máximo de 107 días. La longevidad del adulto es de 10-24 días bajo condiciones controladas ( $22\pm 2$  °C, 55% de humedad relativa, 13:11 horas (luz: oscuridad); mientras que el tiempo estimado de preoviposición es de 2-3 días, luego del cual la hembra empezó a realizar las posturas.

**Huevo:** El tiempo de incubación es de 8-10 días, durante este período los huevos presentaron cambios en la coloración, desde un color blanco-amarillo cremoso hasta blanco transparente donde se alcanzó a notar la larva dentro del huevo (Figura 5 a y b). Se observó que el mantenimiento de los huevos en condiciones de laboratorio tienden a sufrir de deshidratación por lo cual fue necesario hidratarlos diariamente.

**Larva:** Se corroboró que esta especie en condiciones de laboratorio presenta cinco instares que pueden ser identificados claramente por los cambios en coloración y tamaño. Así como también se observó canibalismo entre larvas de diferente instar, siendo necesario agrupar larvas del mismo instar en recipientes separados (Figura 5c – 5g). Los tiempos de desarrollo de describen en la tabla 2.

**Tabla 2:** Tiempo requerido por cada instar larval para el desarrollo de *Copitarsia decolora* en condiciones de Laboratorio.

Estado Larval (Instar)	Tiempo de duración
I instar	5-7 días
II instar	10-17 días
III instar	4-10 días
IV instar	7-10 días
V instar	5-13 días

**Prepupa:** La duración en este estado de desarrollo es de 4-12 días, el tiempo de duración en este etapa varió dependiendo de las características individuales. La coloración inicial de este estado era verde claro, el cuerpo se tornó rugoso e inmóvil y se empezó a endurecer (Figura 5 h).

**Pupa:** Las pupas formadas son de color naranja vivo, recientemente formada la pupa se puede identificar el sexo del individuo. La fase de pupa dura de 18-28 días, variación que dependió de cada individuo. La coloración de los individuos en este estado varió, inicialmente presentó una coloración naranja claro, luego café claro, café oscuro y por último la pupa se tornó negra lo que indicó la próxima emergencia del adulto (Figura 5 h , i).

**Adulto:** La longevidad del adulto es de 10-24 días. La hembra puede llegar a poner para el primer día 80 huevos, el segundo día 140 huevos, para el tercer y cuarto día 110 huevos y para el quinto y sexto día ponen 70 huevos, lo que indicó que el número de posturas por día

varío (Tabla 3). Se observó que los eventos de cópula y posturas sólo se ven influenciados favorablemente por la presencia de varios adultos en un mismo recipiente, lo cual da un mayor número de cópulas y posturas que cuando hay una sola pareja por recipiente (Figura 5).

**Tabla 3:** Huevos de *C. decolora* obtenidos diariamente en condiciones de Laboratorio.

<b>Día de posturas de <i>C. decolora</i> (Huevos)</b>	<b>Promedio de posturas de huevos / hembra / día</b>
1	80
2	140
3 - 4	110
5 - 6	70

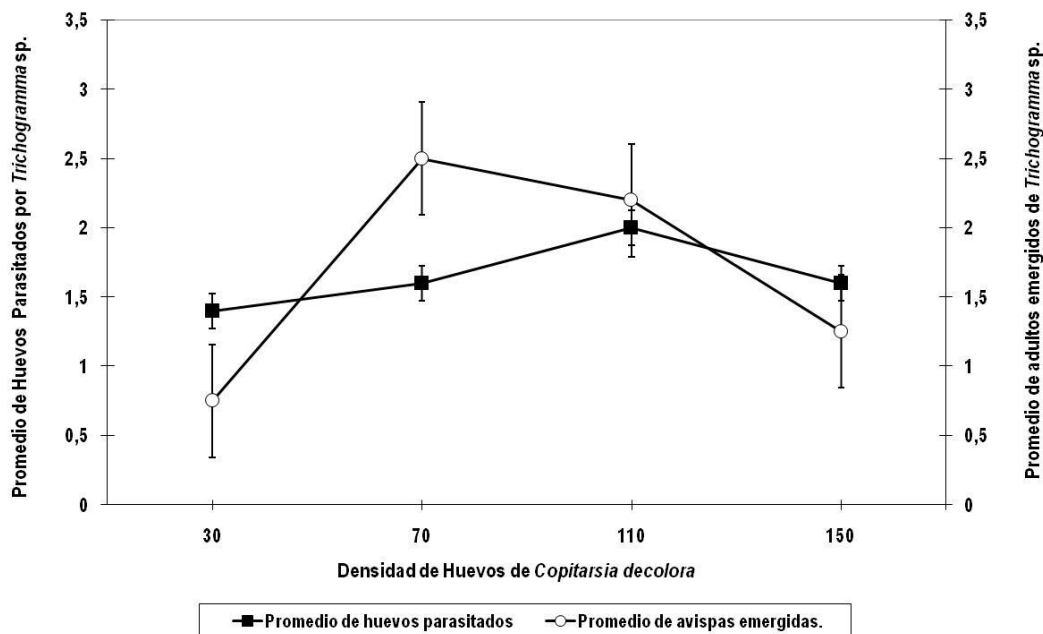


**Figura 5:** Estados del ciclo de *Copitarsia decolora* en laboratorio. a) Huevo ovopositado, b) Huevos 48 hr de ovopositado, c) larva I, d) larva II, e) larva III, f) larva IV, g) larva V, h) prepupas y pupa, i) detalle de la pupa y j) Pareja de adultos.

## 7.2. Respuesta Funcional

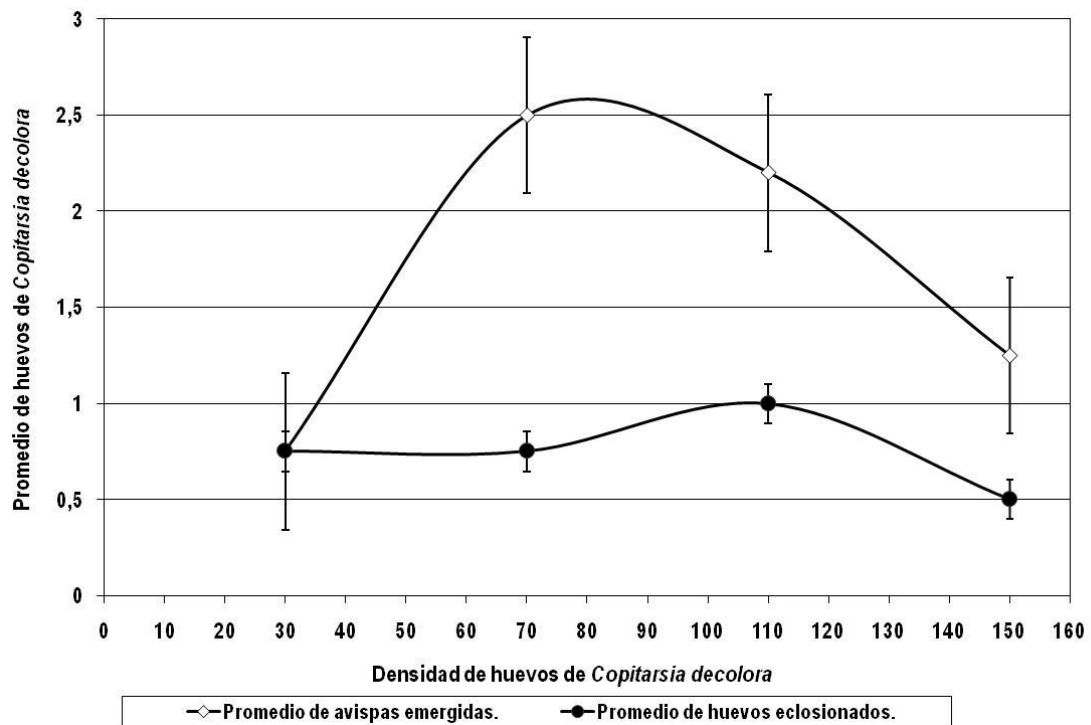
El ensayo de respuesta funcional evidenció una baja capacidad de parasitismo en las diferentes densidades evaluadas. En la figura 6 se observó que el promedio de huevos parasitados por parte de la hembra de *Trichogramma* sp. fueron bajos (2-16 %) y en conjunto la respuesta a las diferentes densidades del hospedero fue similar, con valores que van desde 1,4 – 2,0 huevos parasitados. Los análisis estadísticos (Kruskal – Wallis) no indicaron diferencias significativas entre las cuatro densidades de huevos evaluadas ( $\chi^2= 0,618$ ;  $P=0,892$ ) (Anexo 7 y 9).

Por otra parte, para el número de avispas emergidas a diferentes densidades del hospedero los análisis estadísticos que describen el comportamiento general de *Trichogramma* sp. indicaron que no hay diferencias significativas ( $\chi^2= 3,901$ ;  $P= 0,272$ ; Anexo 7 y 9) (Figura 6). Así mismo, para este ensayo en particular, se observó que el mayor número de adultos emergidos por huevo fue tres. Con el análisis de correlación de Spearman se observó una correlación positiva alta (0,819;  $P = 0,000$ ) entre estas dos variables (Anexo 8).

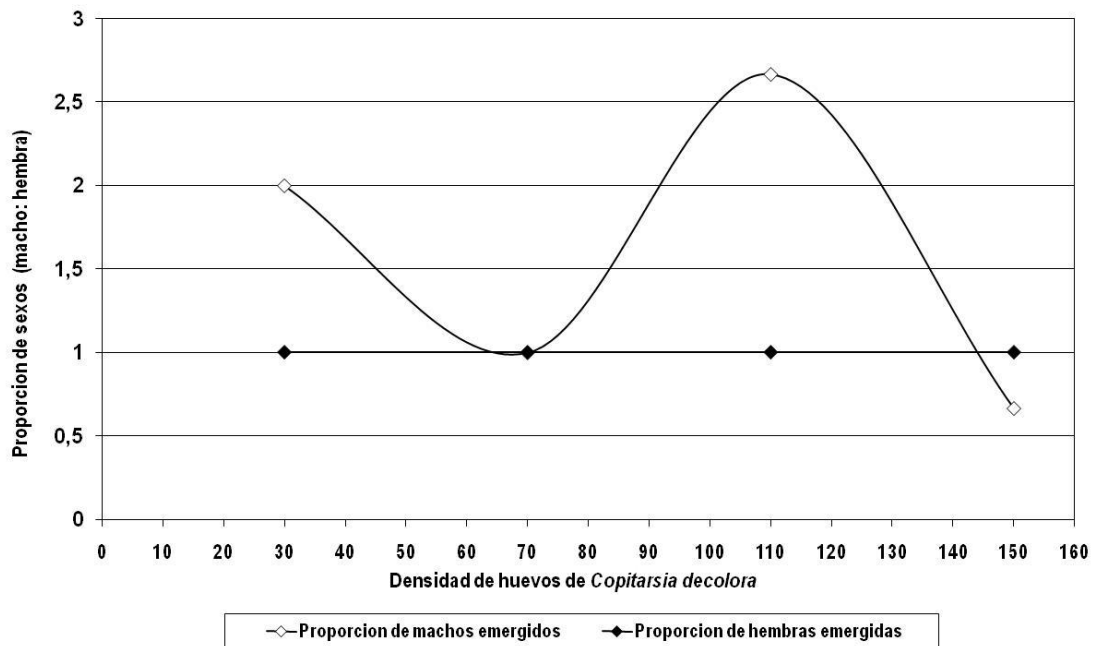


**Figura 6:** Capacidad de parasitismo de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora*. Resultados del ensayo de respuesta funcional ( $\pm$  Error estándar).

En la figura 7 y 8 se observó que el promedio de emergencia de machos y hembras, así como la proporción de sexos, no presentó diferencias, lo que se corrobora con los análisis estadísticos los cuales indicaron que no hay diferencias significativas entre los machos ( $X^2= 4,997$ ;  $P= 0,172$ ) y hembras ( $X^2= 3,162$ ;  $P= 0,367$ ) emergidas a diferentes densidades del hospedero (Anexo 7 y 9). Se encontró una correlación positiva alta entre el número de huevos parasitados y el número de machos ( $0,818$ ;  $P= 0,000$ ) y hembras ( $0,704$ ;  $P= 0,000$ ) emergidas (Anexo 8).



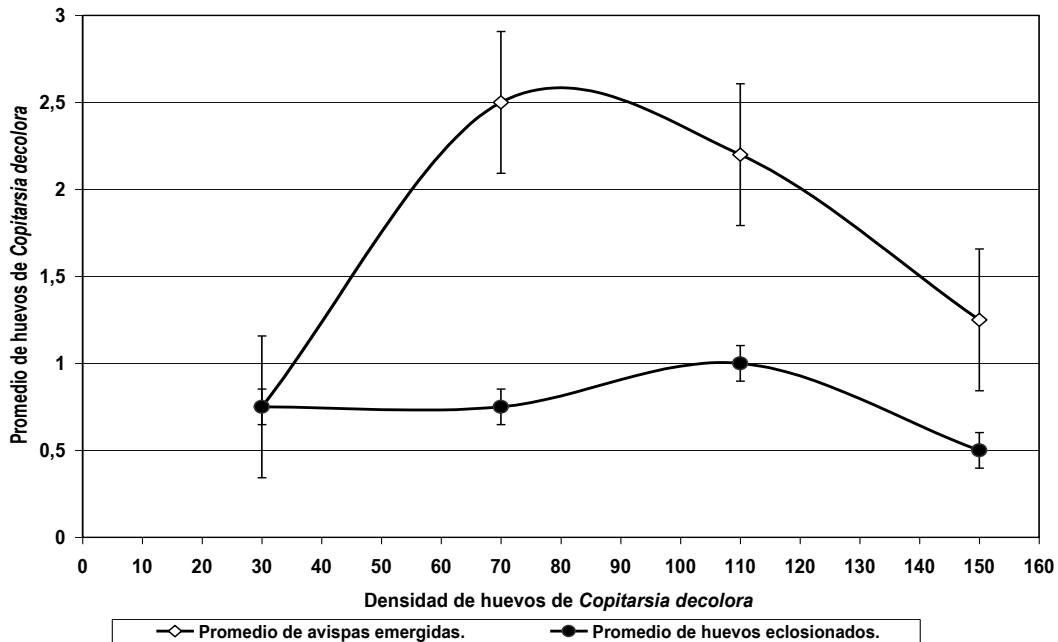
**Figura 7:** Promedio de adultos de *Trichogramma* sp. emergidos de *Copitarsia decolora* (hospedero). Resultado del ensayo de Respuesta funcional (□ Error estándar).



**Figura 8:** Proporción de sexos de *Trichogramma* sp. emergidos de *Copitarsia decolora* (hospedero). Resultado del ensayo de Respuesta Funcional.

Para el número de huevos eclosionados, se observó que los promedios de eclosión a diferentes densidades del hospedero se encontraron en un rango de 0,5 – 1 huevo emergido, siendo una evidencia del bajo parasitismo obtenido durante el ensayo (Figura 9). Los análisis estadísticos indicaron que no hay diferencias significativas en las diferentes densidades de huevos de *C. decolora* ( $\chi^2= 1,597$ ;  $P= 0,660$ ).

Se encontró una correlación positiva alta entre las variables del número de huevos parasitados y el número de huevos eclosionados (0,773,  $P= 0,000$ ) y entre el número de huevos eclosionados y el número de avispas emergidas (0,783;  $P= 0,000$ ) (Anexo 8 y 10).

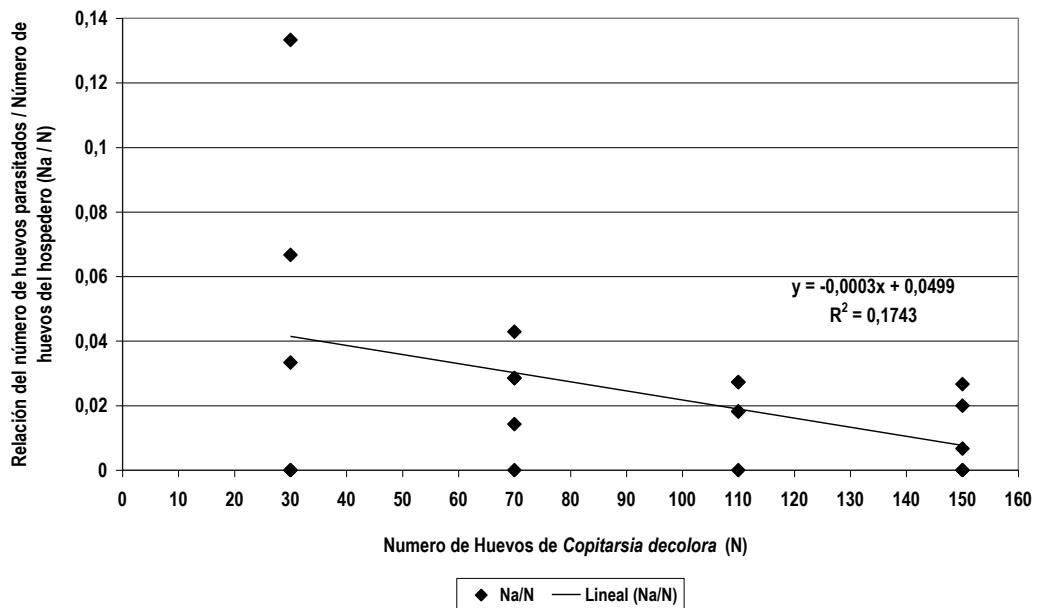


**Figura 9:** Promedio de huevos eclosionados de *C. decolora* y de avispas emergidas Resultado del ensayo de respuesta funcional (— Error estándar).

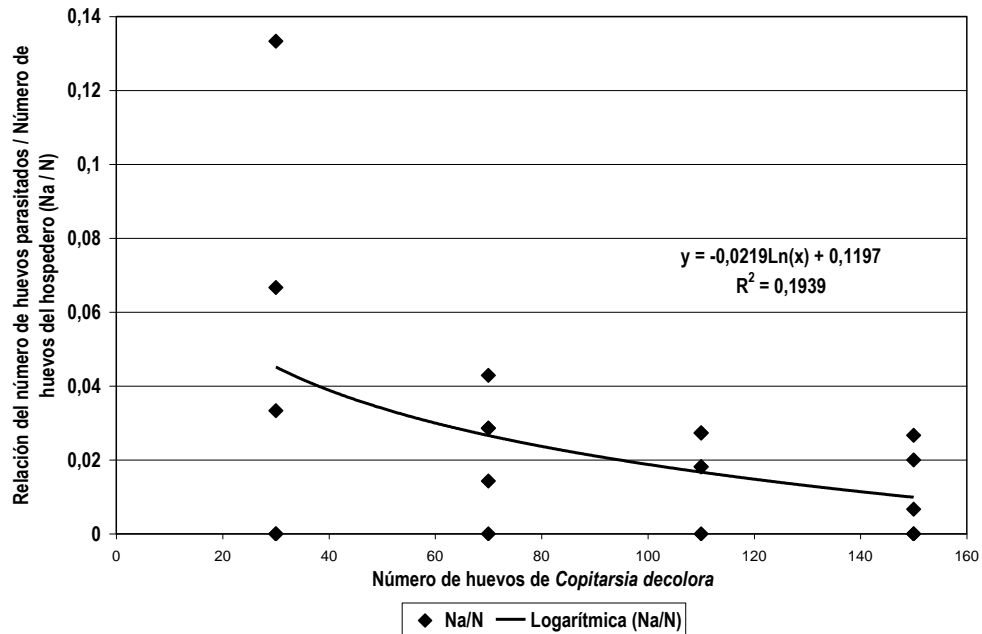
Para determinar la respuesta funcional de *Trichogramma* sp. sobre *C. decolora* fue necesario obtener los valores que corresponden a la relación  $N_a / N$ , donde  $N_a$  es el número de huevos parasitados en función de la densidad de los huevos del hospedero ( $N$ ), propuesta por Holling (1959) en el modelo de linealización. Para la correcta interpretación de los datos se realizó una regresión lineal en la cual a través de la ecuación que describe la pendiente de la curva obtenida en la regresión (lineal o no lineal) se realizó el ajuste de la curva de respuesta funcional, teniendo en cuenta el coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

El modelo obtenido de la regresión lineal indicó que los datos no se ajustan a este tipo de regresión al presentar un coeficiente de determinación bajo ( $r^2 = 0,1743$ ; Figura 10). Al obtener un coeficiente de determinación bajo, se realizó una regresión logarítmica (no lineal) para verificar el ajuste a la curva y poder realizar la descripción del tipo de respuesta (Fernández & Coxley 2004). En la figura 11 se observó que el coeficiente de determinación es muy bajo ( $r^2 = 0,1939$ ) para la regresión logarítmica.

A partir de los coeficientes de determinación obtenidos para la regresión lineal y logarítmica que permiten describir el tipo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. se puede decir que para ninguna de las dos regresiones realizadas el comportamiento de *Trichogramma* sp. se ajusta con los tipos de respuesta funcional propuestos en el modelo de Holling (1959), ya que los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) presentaron valores menores a 0,5; por lo tanto estadísticamente no es posible confirmar el tipo de respuesta funcional presentado.



**Figura 10:** Regresión lineal en función del número de huevos parasitados sobre el número de huevos del hospedero (Na/N), según modelo propuesto por Holling (1959).



**Figura 11:** Regresión logarítmica (No lineal) en función del número de huevos parasitados sobre el número de huevos del hospedero (Na/N), según modelo propuesto por Holling (1959).

A partir de la ecuación obtenida de la pendiente de la curva se obtuvo los valores de la tasa instantánea de búsqueda ( $a$ ) (Figura 10 y 11)), en unidades de proporción del número total de presas atacadas o el área total de búsqueda y el tiempo de manipuleo ( $T_h$ ), en unidades de proporción de las 24 horas de exposición, para la regresión lineal y logarítmica a partir de la ecuación de disco de Holling (1959) (Tabla 4).

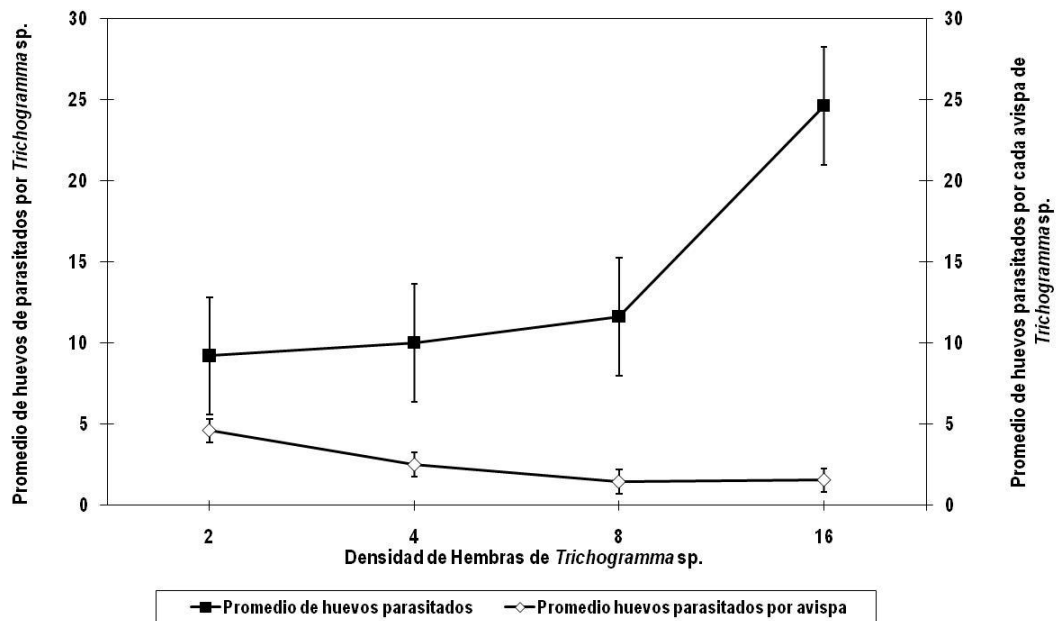
**Tabla 4:** Parámetros de Respuesta Funcional de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora*. Coeficiente de ataque ( $a$ ), tiempo de manipuleo ( $T_h$ ) y coeficiente de correlación ( $r^2$ ) obtenidos a partir de los modelos estimación de respuesta funcional.

Modelo de Holling (1959)	Ecuación	$a$	$T_h$	$r^2$
Regresión lineal	$y = -0,0003x + 0,0491$	0,0491	0,0061	0,1743
Regresión Logarítmica	$y = -0,0219 \ln x + 0,1197$	0,1197	0,1829	0,1939

### 7.3. Resultados de interferencia mutua

En la figura 12 se observó la tendencia del promedio de huevos parasitados incrementó proporcionalmente con las densidades de *Trichogramma* sp. (Figura 12). Sin embargo estadísticamente no se encontraron diferencias significativas para esta variable ( $X^2= 7,131$ ;  $P= 0,068$ ) (Anexo 15). Los análisis de correlación de Spearman indicaron que el número de huevos parasitados tiene una correlación positiva con número de huevos emergidos a diferentes densidades del parasitoide ( $0,798$ ;  $P= 0,000$ ).

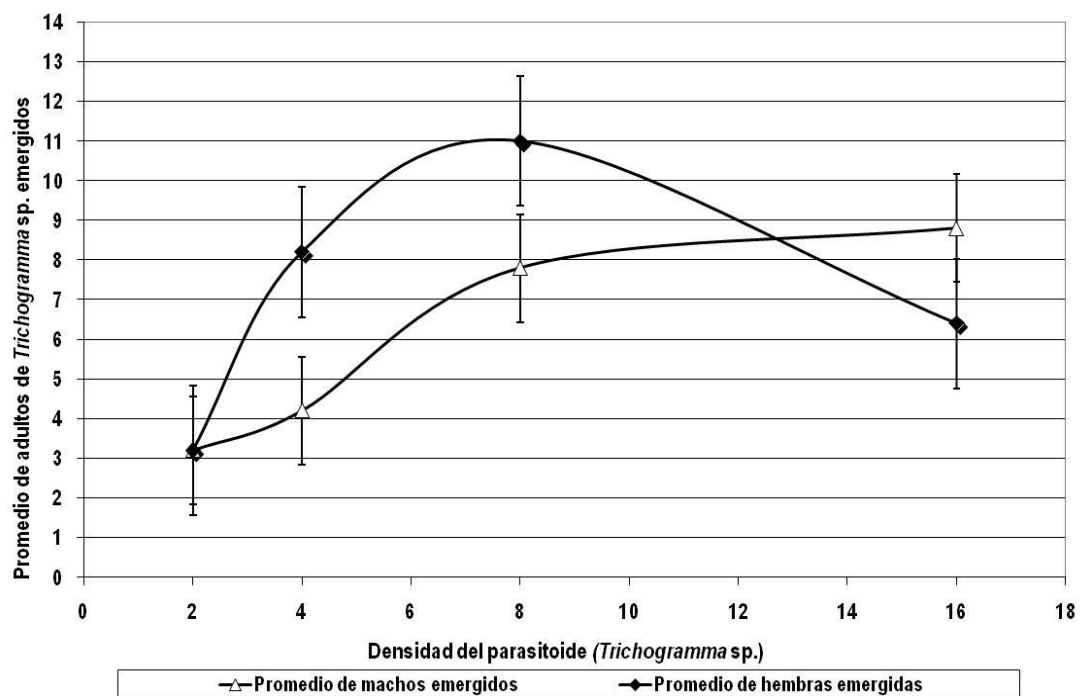
Aunque los análisis estadísticos indicaron que no hay diferencias para estas variables en la figura 12 se observó que a un menor número de parasitoides (dos avispas) hay un mayor promedio de parasitismo por avispa, por lo tanto existe una menor interferencia mutua entre ellas. Así mismo en la densidad de 16 hembras se observó una baja capacidad parasítica por avispa indicando una alta interferencia mutua. Estos resultados evidencian que la capacidad parasítica de *Trichogramma* sp. actuó bajo el efecto de la interferencia mutua, lo cual nos indicó una relación inversa en relación a la densidad del parasitoide (Figura 12).



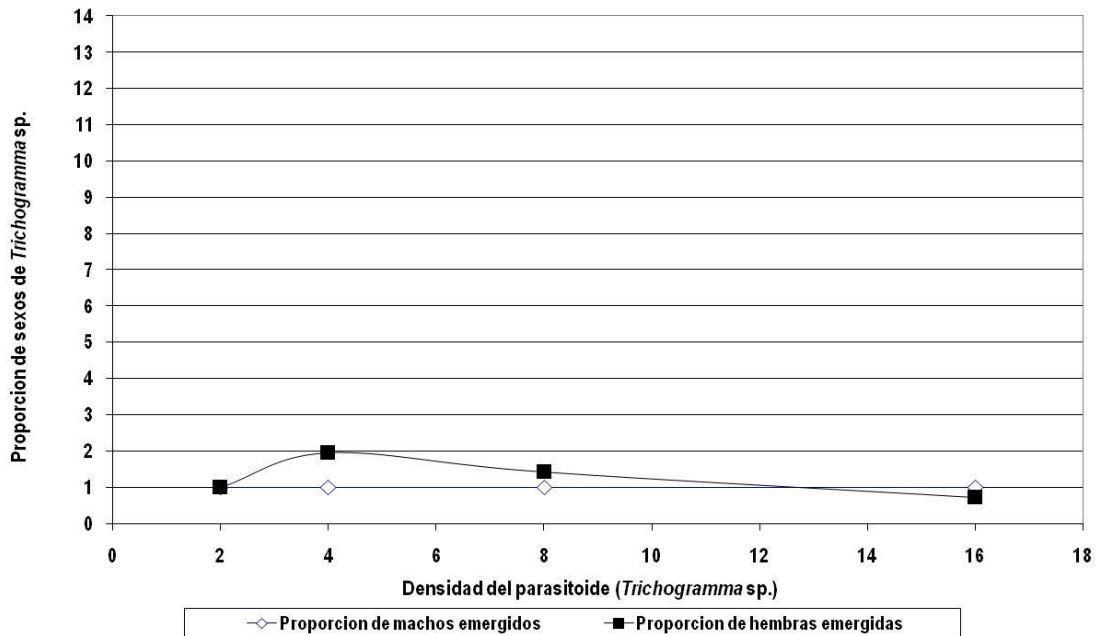
**Figura 12:** Capacidad parasítica de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora*. Resultados del ensayo de interferencia mutua. (⊥ Error estándar).

A partir de los análisis estadísticos realizados para el número de machos y hembras emergidas no se obtuvieron diferencias significativas a diferentes densidades del parasitoide machos nacidos ( $X^2= 2,657$ ;  $P= 0,448$ ) y hembras ( $X^2= 7,291$ ;  $P= 0,063$ ). Por otra parte, se encontró una alta correlación entre el número de avispas emergidas y el número de machos (0,800;  $P= 0,000$ ) y hembras (0,913;  $P= 0,000$ ) emergidas (Anexo 16).

Se observó que la proporción de machos y hembras que corresponde a la densidad de cuatro hembras, el promedio es de cuatro machos y ocho hembras emergidas, con una proporción de 1:2 (macho: hembra). Con el presente ensayo se observó que la proporción de sexos de *Trichogramma* sp. se encuentra influenciada por la interferencia mutua, encontrando cambios a diferentes densidades del parasitoide. Además la interferencia mutua promueve la emergencia de avispas a favor de las hembras, ya que hay un mayor promedio de hembras que de machos emergidos a las diferentes densidades de *Trichogramma* sp. (Figura 13 y 14, Anexo 18).



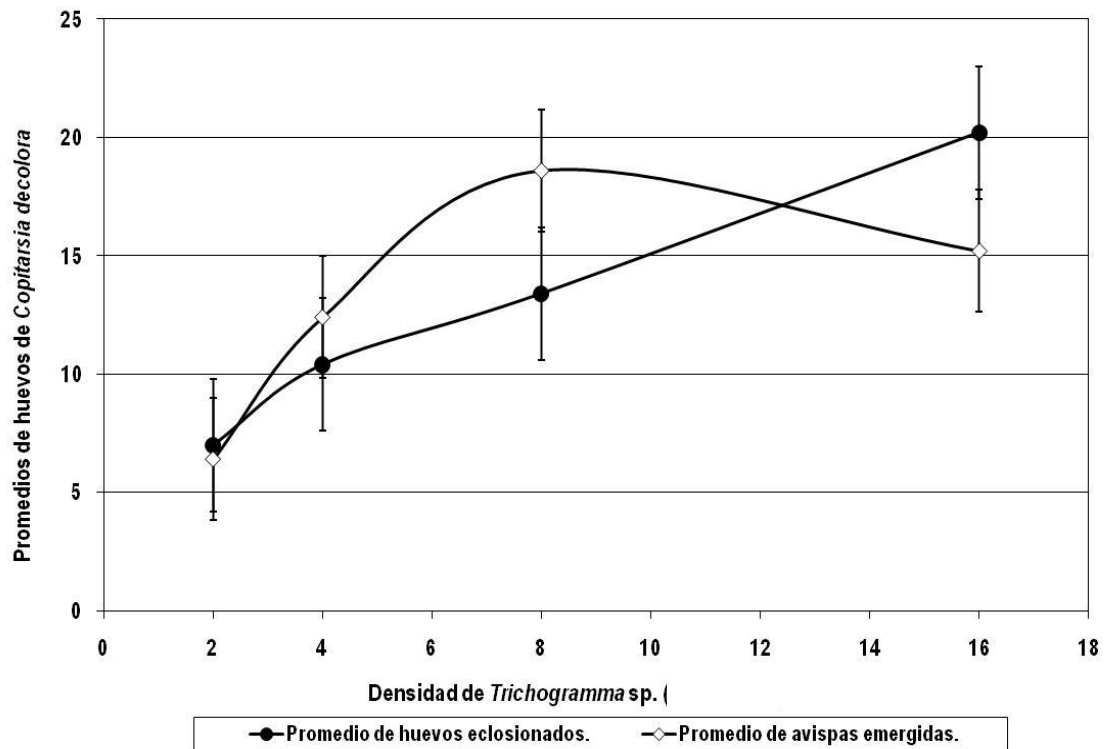
**Figura 13:** Promedio de machos y hembras de *Trichogramma* sp. emergidos de *Copitarsia decolora* (hospedero). Resultado del ensayo de Interferencia mutua (Error estándar).



**Figura 14:** Proporción de sexos de *Trichogramma* sp. emergidos de *Copitarsia decolora* (hospedero). Resultado del ensayo de interferencia mutua.

Los resultados estadísticos para las variables número de huevos eclosionados ( $X^2= 3,814$ ;  $P= 0,282$ ) y número de avispas emergidas ( $X^2= 5,611$ ;  $P= 0.132$ ) indicaron que no hay diferencias significativas (Figura 15).

Se establecieron relaciones a partir del análisis de Spearman, con el cual se obtuvo una fuerte correlación entre el número de huevos parasitados y huevos eclosionados ( $0,798$ ;  $P \leq 0,001$ ). También se observó una correlación positiva entre el número de huevos eclosionados y el número de avispas emergidas ( $0,502$ ;  $P= 0.000$ ) (Anexo 15).

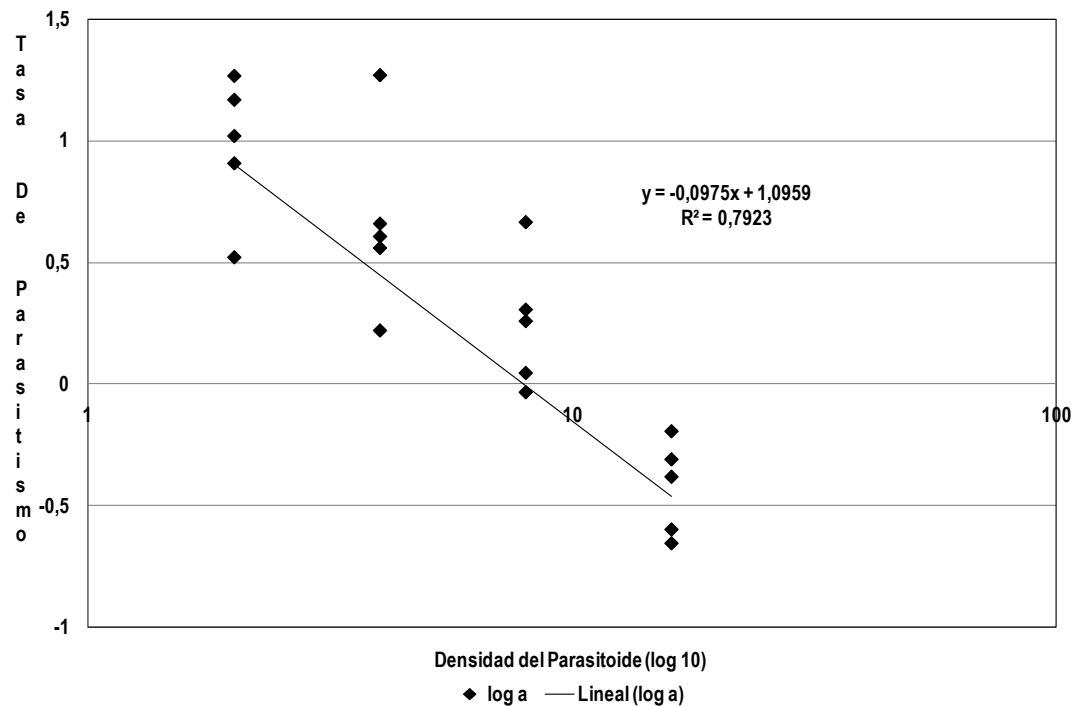


**Figura 15:** Promedio de huevos eclosionados de *C. decolora* y promedio de avispas emergidas en el ensayo de interferencia mutua de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora* (± Error estándar).

Los resultados de interferencia mutua con respecto al número de huevos eclosionados en la densidad de 16 avispas del parasitoide mostraron una proporción de 1:1 (un parasitoide: un huevo eclosionado); mientras que la interferencia en las densidades de dos y cuatro avispas, presentó una proporción de 1:3 (1 parasitoide: 3 huevos eclosionados).

Los promedios obtenidos en el ensayo de interferencia mutua sugieren que el parasitismo responde de manera inversa a la densidad del parasitoide. Al asumir que a una mayor densidad de parasitoides habrá un mayor número de huevos parasitados, lo que a su vez dará como resultado un mayor número de avispas emergidas, sin embargo en el presente trabajo se observó que a una densidad de 16 parasitoides hay un menor número de avispas emergidas, lo que puede estar evidenciando un efecto de la interferencia mutua alta.

Para la determinación de la Interferencia Mutua fue necesario realizar una regresión lineal para verificar si los datos se ajustaban al modelo propuesto por Hassell & Varley (1969), donde se contrastan la tasa de parasitismo ( $a$ ) y la densidad de *Trichogramma* sp. representados en base logarítmica (10). Los resultados obtenidos indicaron que la respuesta de la interferencia mutua se ve influenciada por la densidad de *Trichogramma* sp., de modo que a medida que aumenta la densidad disminuye la capacidad parasítica de la especie. El coeficiente de determinación ( $r^2 = 0,7923$ ) permite asegurar que los resultados obtenidos en el presente trabajo se ajustan estadísticamente al modelo propuesto por Hassell & Varley (1969).



**Figura 16:** Determinación de la interferencia propuesta por Harley & Varley (1969). Regresión lineal en función de la tasa de parasitismo a diferentes densidades del parasitoide.

## 8. DISCUSION

### 8.1. Respuesta Funcional de *Trichogramma* sp. a diferentes densidades de *Copitarsia decolora*.

A partir de las observaciones realizadas durante el desarrollo de estos ensayos, es posible afirmar que el bajo porcentaje de parasitismo obtenido pudo deberse a la poca afinidad o difícil reconocimiento de *C. decolora* por parte de *Trichogramma* sp., ya que las avispas utilizadas en estos ensayos provienen de la parasitación de huevos de *Tecia solanivora* como hospedero. En el trabajo realizado por Beserra & Parra (2003) mencionan que los parasitoides tienen un reconocimiento innato por su hospedero el cual es adquirido durante las etapas tempranas de desarrollo larval al interior de los hospederos, razón que podría estar apoyando la idea de que *Trichogramma* sp. no reconozca de manera inmediata a *C. decolora*, porque ninguna de las generaciones de *Trichogramma* sp. habían sido obtenidas a partir del parasitismo de *C. decolora*, es decir que estas dos especies no habían estado en contacto anteriormente, por lo tanto es posible que el parasitoide (*Trichogramma* sp.) haya reconocido a *C. decolora* solo como un hospedero alternativo y que los resultados obtenidos en el número de huevos parasitados podrían ser resultado de un comportamiento oportunista por parte de *Trichogramma* sp. sobre este nuevo hospedero. Sin embargo, debido a la poca disponibilidad de tiempo no se pudo realizar ensayos posteriores para determinar la afinidad del parasitoide sobre este nuevo hospedero, así como tampoco fue posible identificar el factor que determinó el bajo parasitismo de *Trichogramma* sp.

Para el presente trabajo se utilizaron posturas del hospedero y avispas del parasitoide de aproximadamente 24 horas de edad para cada uno de los ensayos, debido a que tanto las características de las posturas del hospedero (forma, tamaño, edad y calidad nutricional), como las características de los parasitoides (edad, capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y sus eventos de cópula previos) pueden llegar a influenciar sobre la capacidad de parasitismo.

En el presente trabajo no es posible establecer la relación entre el parasitoide (*Trichogramma* sp.) y su hospedero (*C. decolora*), debido a los bajos porcentajes de parasitismo obtenidos.

Para *Trichogramma* la capacidad parasítica puede estar afectada por los factores mencionados anteriormente, y que se relacionan con las diferencias de fecundidad presentes al interior del género. Así como también la temperatura a la cual se desarrollan las especies de *Trichogramma*, la temperatura a la que depositan los huevos durante el evento de parasitismo, la humedad relativa necesaria para su desarrollo al interior del hospedero y las características nutricionales del hospedero, como se menciona en los trabajos de Vinson (1997), Amaya (1998) y Torres & Gerding (2000). Estos factores se pueden identificar para obtener una eficiente capacidad parasítica por parte del parasitoide como lo es en este caso *Trichogramma*.

Por otra parte, el bajo porcentaje de parasitismo obtenido en los ensayos realizados en este trabajo, pudo deberse al uso de avispas de *Trichogramma* sp. provenientes del parasitismo de varias generaciones de huevos *T. solanivora*, siendo este el primer encuentro entre *Trichogramma* sp. y *C. decolora*, de manera que no hubo ninguna generación previamente expuesta a este parasitoide. Este resultado concuerda con las afirmaciones hechas por Hassan (1994), quien menciona la importancia del número de generaciones obtenidas sobre un hospedero determinado y su posterior preferencia para el parasitismo, así como también en el trabajo realizado por Amaya (1998) el cual indicó que al mantener los parasitoides por más de un año sobre el mismo hospedero, adquieren una preferencia por estos huevos, aumentando a su vez la capacidad y el porcentaje de parasitismo. Con la obtención de estas generaciones frecuentes se asegura una mayor adaptación del parasitoide a su hospedero, dando como resultado una alta capacidad parasítica, un mejor comportamiento y una respuesta funcional adecuada para llegar a ser utilizados como mecanismo de control de plagas (Ridgway *et al.* 1981).

En los trabajos realizados con *T. pretiosum* y *T. atopovirilia* sobre los huevos de *Spodoptera frugiperda*, se ha reconocido que los parasitoides presentaron un aumento en la capacidad parasítica sobre su hospedero después de las primeras ovoposiciones y durante las generaciones posteriores, de manera que se puede evidenciar un aprendizaje en la selección de su hospedero. Además presentó una disminución en el tiempo de búsqueda y una mayor

capacidad de manipuleo (ovoposición) (Beserra & Parra 2003). Por lo tanto, se podría llegar a pensar que en caso de mantener una población de *Trichogramma* sp. obtenida a partir de huevos parasitados de *C. decolora*, se podría llegar a obtener resultados diferentes a los reportados en este trabajo.

Hassell (2000) indicó que dependiendo de la distribución espacial del hospedero (aleatoria/agregada) la tasa de parasitismo se ve afectada negativa o positivamente, de manera independiente de la capacidad parasítica de la especie. Este comportamiento puede haber afectado también la capacidad parasítica sobre *C. decolora* principalmente en el ensayo de Interferencia mutua donde se observó que a mayores densidades de *Trichogramma* sp. hay una disminución de la capacidad parasítica, lo cual puede deberse a un cambio en el comportamiento favoreciendo la inversión de energía y tiempo por parte del parasitoide en la búsqueda y contacto con los demás individuos de su especie (Alphen & Jervis 1996).

Beserra & Parra (2003) mencionan que la mejor forma de describir el comportamiento parasítico de una especie es a través de las respuestas en su comportamiento de búsqueda (*th*) y ovoposición (*a*), donde a mayor número de huevos parasitados las especies evidenciaran un mejor comportamiento de búsqueda y selección de su hospedero. Sin embargo en el presente trabajo debido a la baja capacidad parasítica no fue posible ajustar el comportamiento del parasitoide a los tipos de respuesta funcional descritos por Holling (1959). No es correcto comparar los resultados obtenidos para estas variables (tiempo de manipuleo (*th*) y capacidad de manipulación (*a*)) con otros trabajos, ya que estadísticamente no hay respaldo de que estos resultados describan correctamente el potencial efecto de *Trichogramma* sp. sobre *C. decolora*. Sin embargo, estos resultados serán útiles en el momento en que se realicen nuevamente los ensayos entre estas dos especies, para corroborar los resultados obtenidos.

Por último, es importante mencionar que de acuerdo al tipo de ensayo realizado fue necesario manipular y entrar en contacto directo con las posturas de *C. decolora*, haciendo manipulación de los huevos para su ubicación en las cajas de Petri y en el momento de humedecer las

toallas de papel para evitar la deshidratación de los huevos. De modo que esta manipulación pudo disminuir el reconocimiento del parasitoide, dañar al embrión del hospedero o romper el huevo, lo cual afecta la viabilidad de los huevos y la posible selección por parte del parasitoide para su ovoposición.

## **8.2. Efecto de la interferencia mutua de las avispas de *Trichogramma* sp. sobre la capacidad parasítica.**

La proporción de huevos parasitados fue directamente proporcional con el aumento del número de parasitoides, aunque el comportamiento individual (por avispa) indicó que a mayores densidades (8 – 16 hembras del parasitoide) se presentó una mayor interferencia mutua. Lo cual puede ser resultado de la competencia intraespecífica de *Trichogramma* sp.

Este comportamiento pudo deberse principalmente a la competencia por espacio y por el recurso de ovoposición (huevos del hospedero), así como también a la alta concentración de feromonas de advertencia producidas por *Trichogramma* sp. para evitar el superparasitismo, resultado que concuerda con lo reportado Greenberg *et al.* (2000) quien indicó que el número de ninfas parasitadas por hembra del parasitoide disminuyó una quinceava parte cuando aumentó la densidad del parasitoide (de 1 a 15).

Otra de las posibles razones por las cuales *Trichogramma* sp. se ve influenciada por la interacción con otros individuos de su especie es reportado por García-González *et al.* (2006) y Alphen & Jervis (1996), quienes proponen que la interferencia mutua en parasitoides y depredadores provoca cambios en la búsqueda del hospedero-presa, al cambiar su comportamiento de búsqueda aleatoria a patrones agregados. Es decir que cuando hay interferencia mutua alta se observan patrones agregados, mientras que cuando hay una baja interferencia se tiene un patrón de distribución aleatorio. Este tipo de conducta es común en insectos benéficos como *Trichogramma* sp. donde a medida que la densidad del parasitoide aumenta la inversión de energía y tiempo de cada avispa es dirigida a la búsqueda y contacto con los demás individuos de su especie (patrón agregado) (Alphen & Jervis 1996).

Tello *et al.* (2007) mencionan que especies de parasitoides como *Encarsia formosa* presentan un bajo porcentaje de parasitismo en campo, al evidenciar una fuerte competencia intraespecífica que puede ser atribuida al alto número de parasitoides liberados en cada evento de liberación, así como a la realización de liberaciones periódicas muy seguidas. Dando como resultado que a mayor número de parasitoides liberados menor parasitismo, reflejando una relación denso-dependiente del parasitoide (Tello *et al.* 2007).

### **8.3. Resultado del parasitismo de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora***

#### **8.3.1. Promedio de la emergencia de adultos de *Trichogramma* sp.**

El trabajo realizado por Navarro & Marcano (1997) reporta que debido a los requerimientos individuales de las especies para su desarrollo, se observan diferencias significativas entre las especies pero no al interior de cada una de ellas en el número de huevos parasitados y de adultos emergidos para *Trichogramma pretiosum* y *T. caiaposi*.

Este resultado que se asemeja a los obtenidos en el presente trabajo donde no se encontraron diferencias significativas en el número de avispas emergidas para *Trichogramma* sp. a diferentes densidades del hospedero (*C. decolora*) a una temperatura constante.

Volden & Chiang (1982) con *T. ostrinae*, Cabello & Vargas (1988) con *T. cordubensis*; Ram & Sharma, (1977) con *T. fasciatum*; Pintureau *et al.* (1981) con *T. maidis*, indicaron que la respuesta de las especies del género *Trichogramma* y la emergencia de adultos a partir de diferentes hospederos dependen principalmente de la especie y de la capacidad de reconocimiento que tengan por el hospedero. De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente trabajo en el número de avispas emergidas podría ser consecuencia del bajo número de huevos parasitados, lo cual a su vez depende de la baja afinidad que presenta *Trichogramma* sp. sobre *C. decolora*, ya que esta especie aun no ha sido expuesta de manera continua a *C. decolora* para iniciar un proceso de reconocimiento y adaptación tal y como lo propone Beserra & Parra (2003).

### 8.3.2. Promedio de la proporción sexos de *Trichogramma* sp.

Al realizar los análisis estadísticos para evaluar el efecto de la densidad de los hospederos sobre la proporción de sexos de las avispas emergidas no se encontró diferencias significativas, indicando que la densidad del hospedero *C. decolora* no afectó la proporción de sexos de *Trichogramma* sp. Este resultado concuerda con el trabajo de Aragón *et al.* (2007) en el cual evaluaron la proporción de sexos de *Praon pos occidentale* (Hymenoptera) sobre diferentes densidades de *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae), encontrando que la proporción de machos y hembras fue de 1:1 y que la densidad del hospedero no afecta la proporción de sexos obtenida.

Por otra parte, Heinz & Parrella (1990) reportaron que el superparasitismo afecta la proporción de sexos de avispas parasitoides, debido a la mortalidad diferencial sexo-específica de huevos y larvas en desarrollo al interior de los huevos del hospedero. Además reportaron que los machos son más hábiles que las hembras para completar su ciclo de desarrollo dentro de un hospedero en el cual haya más de un huevo del parasitoide, debido a su rápido desarrollo y a sus bajos requerimientos nutricionales. Este hecho concuerda con las observaciones realizadas durante el desarrollo del ensayo de interferencia mutua en el cual se observó que durante la actividad parasítica es posible encontrar a más de una hembra parasitando un mismo huevo y que a densidades intermedias hay un mayor promedio de machos que de hembras emergidas en la relación de *Trichogramma* sp. sobre *C. decolora*.

Por último, debido a una alta frecuencia de superparasitismo en estas especies se puede producir una proporción 3:1 de machos sobre hembras emergidas (Heinz & Parrella, 1990). De modo que la proporción reportada en este trabajo (2:1) para las densidades intermedias, presenta una mayor proporción de machos que de hembras. Aun así lo más conveniente para estas especies de hábito parasítico es que la proporción de hembras emergidas sea mayor que los machos, debido a que la actividad parasítica es realizada por las hembras. En el presente trabajo se obtuvo a una densidad de cuatro avispas, una emergencia de 4 machos y 8 hembras en promedio, es decir una proporción de 1 macho: 2 hembras, lo cual puede estar reflejando que la interferencia mutua promueve y afecta la proporción de sexos.

## 9. CONCLUSIONES

A partir de los coeficientes de correlación obtenidos no fue posible confirmar el tipo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. sobre *C. decolora* a partir de los modelos propuesto de Holling (1959) en este estudio. Por lo tanto, se debería repetir los ensayos realizados en este trabajo, para verificar los resultados obtenidos.

Con el desarrollo de estos ensayos se puede decir que *C. decolora* es un hospedero potencial de *Trichogramma* sp. al obtener adultos viables de *Trichogramma* sp. que emergieron de las posturas de *C. decolora* en las que hubo parasitismo.

Se observó que el promedio de machos y hembras emergidas de *Trichogramma* sp. así como la proporción de sexos, varía con respecto a las diferentes densidades de *C. decolora* para los ensayos de respuesta funcional.

La proporción de sexos de *Trichogramma* sp. se encuentra influenciada por la interferencia mutua. La interferencia mutua promueve la emergencia a favor de las hembras siendo conveniente para la supervivencia de la especie. Con este resultado, se puede establecer que para el establecimiento de cría masiva de *Trichogramma* sp. en planes de manejo integrado de plagas, será necesario la obtención de un mayor proporción de hembras de *Trichogramma* sp. por lo tanto es conveniente ubicar dentro del mismo recipiente mínimo cuatro avispas para asegurar esta proporción.

## 10. RECOMENDACIONES

Continuar con los estudios de parasitismo de esta especie de *Trichogramma* sp. Se propone aumentar el número de tratamientos de los dos ensayos realizados (densidad del hospedero y densidad del parasitoide), de manera que se pueda llegar a evidenciar de manera más clara el comportamiento del parasitoide, para poder establecer el tipo de respuesta funcional que presenta *Trichogramma* sp sobre *C. decolora*. a partir de un coeficiente de determinación más alto.

Realizar ensayos de respuesta funcional en los que se utilice una mayor densidad del parasitoide sobre la arena de parasitación. Según los resultados de interferencia mutua, una densidad constante de 4 avispas podría funcionar para probar las diferentes densidades del hospedero.

Para poder comprobar si la especie de *Trichogramma* sp. utilizada presenta reportes en la literatura donde se describa su comportamiento parasítico y las relaciones especie específicas que tenga con un hospedero, es necesario realizar la identificación taxonómica de la especie utilizada para estos ensayos.

Se recomienda someter a *Trichogramma* sp. a diferentes especies de hospederos del orden Lepidóptera incluyendo a *C. decolora* para verificar la preferencia de *Trichogramma* sp. sobre *C. decolora* como hospedero en comparación a los demás hospederos.

Teniendo en cuenta que la actividad parasítica de *Trichogramma* sp. no se ajusto a ningún tipo de respuesta funcional, se propone realizar otros ensayos donde se asegure que haya existido interacción previa de *Trichogramma* sp. con *C. decolora*, es decir la obtención de varias generaciones a partir de *C. decolora* como hospedero para inducir el reconocimiento de esta especie como hospedero potencial y llegar a determinar de manera más clara el comportamiento y la capacidad parasítica de *Trichogramma* sp sobre *C. decolora*.

Por ultimo, se propone realizar ensayos con *C. decolora* en los cuales se explore la utilización de otras especies de parasitoides que tengan buenos resultados sobre hospederos de Lepidóptera (Noctuidae).

## **11. BIBLIOGRAFIA**

Abdurrahman, A., Eyup, K., Salih, K. & Y. Semih. 2007. Dispersal ability and parasitization performance of egg parasitoid *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in field and storage conditions. Turkish Journal Biology. Vol. 32. Pp 127-133.

Alphens, J. & M. Jervis. 1996. Foraging behavior. *Insect Natural Enemies*. Ed. Chapman hall, 1-62.

Amaya, M. 1998. *Trichogramma* sp. Producción, Uso y Manejo en Colombia. Guadalajara de Buga, Colombia. Impresos Técnicos Litográficos. 176 p.

Angulo, A. & T. Olivares. 2003. Taxonomic update of the species of *Copitarsia* Hampson 1906. (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae). En: *Guyana Zoológica*. Vol.67, no. 1; p. 33-38.

Angulo, A. & T. Olivares. 2005. Two larval characters to separate *Copitarsia incomoda* (Walker) from *C. decolora* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae). En: *Guyana Zoológica*. Vol.69, no. 2; p. 409-410.

Aragón, S., F. Cantor, J. R. Cure & D. Rodríguez. 2007. Capacidad parasítica de *Praon* sp. *occidentale* (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Macrociphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) en condiciones de laboratorio. *Revista Agronomía Colombiana* 25 (1): 142 – 148.

Begon, M., J. L. Harper & C. R. Townsend. 1995. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Editorial Omega. Barcelona.

Bertorelli, M. V. 2007. Producción y uso de *Trichogramma* en Anzoátegui, Venezuela. *Agronomía Tropical*. Vol. 58 (2).

Bertorelli, V. M. & Rengifo. R. 2007. Producción Masiva de *Trichogramma* sp. En Anzoátegui, Venezuela y su Importancia Como alternativa Ecológica en el Control de Plagas. *Agronomía Tropical*. Vol. 58 (1)

Beserra, E. & J. R. Parra. 2003. Comportamiento de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) en

posturas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Revista Brasileira de Entomología 47 (2): 427 - 441.

Burnett, T. 1951. Effect of temperature and host density on the rate on increase of and insect parasite. American Naturalist 85: 337-352.

Cabello, T. & P. Vargas. 1988. The effect of temperature on the bionomics of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: Ed. INRA, París. Les Colloques de l'INRA (43):154-161.

Cardona-Cardona, D. A. 2004. Evaluación de la actividad patogénica de diferentes virus sobre *Copitarsia* sp. (Lepidóptera: Noctuidae) en crucíferas. Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

Cardona, D. A., Londoño, M. E. & J. E. Jaramillo. 2004. Estudios Biológicos de *Copitarsia* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) bajo condiciones de Insectario. Revista Colombiana de Entomología 30 (2); 205 – 209.

Casas, J. & B. Hullinger. 1994. Statistical analysis of functional response experiments. Biocontrol Science Technology. 4:133-145.

Castillo, P. R., Ricardo-Martínez, N., Gonnella, E. R. & C. Juárez. 1988. Efectividad del parásito *Trichogramma* en el control de plagas lepidópteras en Algodón. FONAIAP DIVULGA (28):

Cave, R. D. & M. J. Gaylor. 1989. Functional response of *Telenomus reynoldsi* (Hym: Scelionidae) at five constant temperatures and in an artificial plant arena. Entomophaga 34: 3-10

De Bach, P. & S. S. Smith. 1941. The effect the host density on the rate of the production of the entomophagous parasites. *Journal Economic Entomology*. 34: 741 – 746.

Departamento Administrativo Nacional De Estadística - DANE. 2002. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Censo Hortícola, Sabana de Bogotá. [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/Censo\\_Horticola\\_Bta\\_2002.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/Censo_Horticola_Bta_2002.pdf)

Flanders, S. 1929. The mass production of *Trichogramma pretiosum* Riley and observations on the natural and artificial parasitism of codling moth eggs. *Trans. 4th. International Congress. Ent.* 2:110-130 p.

Fernandez, H.C. 2001. Suceptibilidad de *Plutella xylostella* a diferentes aislamientos nativos del hongo *Beauveria bassiana* y su efecto adicional sobre otros lepidopteros asociados a la produccion de Coliflor. Tesis de Maestria en Entomologia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellin. Facultad de Ciencias, Medellin 92 p.

Fernández-Arhex, V. & J. C. Corley. 2003. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Science Technology*. 13:403-413.

Fernandez-Arhex, V. & J. C. Corley. 2004. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. *Ecología Austral* 14:83-93.

Ferrer, F. 2001. Biological control of agricultural insect pest in Venezuela: Advances, achievements, and future perspectives. *Biocontrol News and Information*. 22 (3): 67-74.

Flores-Pérez, L., Bautista-Martínez, N., Vera-Graciano, J., Valdes-Carrasco, J. & A. O. Angulo. 2004. Ciclo de vida y tasas de supervivencia y reproducción de *Copitarsia incommoda* Walker (Lepidóptera: Noctuidae) en tres cultivares de *Brassica oleracea* L. *Agrociencia* 38: 517-523.

Fundación Para La Innovación Agraria - FIA. 2004. Estrategia para desarrollar la producción limpia (I) las buenas prácticas agrícolas. Boletín de Hortalizas, (On line).  
[www.fia.cl/difus/boletin/bhorta/bhoctubre2002.pdf](http://www.fia.cl/difus/boletin/bhorta/bhoctubre2002.pdf)

Gallego, F. L. & R. Vélez. 1992. Lista de insectos que afectan los principales cultivos de plantas forestales, animales domésticos y al hombre en Colombia. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Sociedad Colombiana de entomología. P 62-64. Medellín.

García-Gonzales, J., Benítez, S. E. & López-Ávila, A. 2006. Efecto de la densidad del depredador de moscas blancas *Delphastus pusillus* (Le Conte) (Coleoptera: Coccinellidae) sobre su eficiencia de búsqueda. Revista Colombiana de Entomología. Vol. 32 (1) 10-17.

Gómez, L. C. 1979. Hortalizas. Secretaria de Agricultura y Fomento. Medellín. 75 p.

Greenberg, S. M., Walker, A. J. & C. Jr. Legaspi. 2000. Interactions between *Encarsia pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae) and its host *Bemesia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodidae): Effects of parasitoid densities and host-parasitoid ratios. Subtropical Plant Science. Vol 52. 36-41.

Guerra, J. J. & D. Forero. 2002. Principales interceptaciones de plagas en flores provenientes de la Sabana de Bogotá en el puerto de Miami, y su implicación fitosanitaria. Revista de Aasocolflores (Colombia). 62 (1): 50-58.

Hassell, M. P. 2000. The spatial and temporal dynamics of host-parasitoid interactions. Oxford University Press. Oxford

Hassell, M. P. & G. C. Varley. 1969. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. Nature London 223: 1133 - 1137

Heinz, K. M. & M. P. Parrella. 1990. The influence of host size on sex ratios in the parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) Leafminer, male-biased sex ratio, differential mortality, *Liriomyza trifolii*, *Diglyphus begini*. *Ecological Entomology* 18: 391-399.

Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomology* 91: 385-398.

Instituto Colombiano de Agricultura – ICA. 1989. Lista de Insectos dañinos y otras plagas de Colombia Boletín Técnico (43). 4ta Edición.

Jaramillo, J. E. & E.I. Leyva. 2002. El cultivo de las crucíferas: Repollo, Brocoli y Coliflor. *Revista Ventana al Campo: enseñamos a quienes van a enseñar. Taller de Hortalizas: productividad y Mercadeo*. Pag: 14 – 32.

Kalyebi. A., Overholt. A. W., Schulthess. F., Mueke & M. J., Sithanatham. S. 2006. The effect of temperature and humidity on the bionomics of six African egg parasitoids (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Bulletin of Entomological Research*. Vol. 96 305-314.

Lezcano-B, J. A. Manejo de Insectos: Experiencias en el manejo de Insectos plaga con sus enemigos naturales. *Revistas Virtuales Panameñas*.

Londoño, M. E. 2000. Control biológico de la chisa (Coleoptera: Melolonthidae), pp. 40-48. En: López A. *Memorias I curso taller internacional de control Biológico: Componente fundamental del manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible*. Bogotá.D.C.

Londoño, M. E. Fernandez, C. R. & J. E. Jaramillo. 2001. Lepidópteros asociados a la formación de cabeza o florete en Crucíferas. En: *Hortalizas, Plagas y Enfermedades*. Coropoica, Socolen. Rionegro Septiembre 2001. pag: 63-71.

López, E. 1992. Monitoreo de pulgones en crucíferas: Un criterio racional para un óptimo Control Avance Agrícola. (17):17-19.

López-Ávila, A. 1996. Insectos plaga del cultivo de la papa en Colombia y su Manejo, pp 146-148-150-154. En Anon (eds). Papas colombianas con el mejor entorno ambiental, Comunicaciones y Asociados Ltda. Bogotá – Colombia.

Messenger, P. S. 1968. Bioclimatic studies of the aphid parasite *Praon exsoletum* effects of temperature on the functional response of females to varying host densities. Canadian Entomology 100: 728-741.

Monje, J. C., C. Zebitz & B. Ohnesorge. 1999. Host and host age preference of *Trichogramma galloi* and *T. Pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on different hosts. Journal Economic Entomology. 92 (1): 98-103.

Morales, J., Santos-Gallardo, J. Vasquez, C. & Y. Rios. 2001. Respuesta funcional de *Telenomus remus* (Hym: Scelionidae) a los huevos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Bioagro (13): 49-55.

Morales, J., Vasquez, C., Gallardo, J. S., Gutiérrez, F., Ríos, Y. & N. L. Pérez. 2004. Potencial biológico de *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) como parasitoide de la polilla de los granos. Bioagro 16 (3): 197-204

Moreno-Fajardo, O. L. & Serna-Cardona, F. J. 2006. Biología de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae), en flores cultivadas del híbrido comercial de *Alstroemeria* sp. Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín. Vol 59 (1). 3257-3270.

Moreno-Grijalba F. & I. Pérez-Moreno. 2002. Empleo de *Trichogramma* en control biológico de plagas: Problemas taxonómicos. Boletín SEA- Entomología Aplicada 31: 239-242.

Navarro, R. & R. Marcano. 1999. Preferencia de *Trichogramma pretiosum* Riley y *T. atopovirilia* Oatman & Platner por huevos de *Helicoverpa zea* (Bodée) de diferentes edades. Boletín entomológico de Venezuela 14 (2): 87 – 93.

Nicholson, A. J. & V. A. Bailey. 1935. The balance of animal populations. Part 1. *P. Zool. Soc. Lond.* 3:551-598.

Olivares, S. T. & O. A. Angulo. 2004. Descripción de los huevos de *Copitarsia incomoda* (WALKER) y *Copitarsia turbata* (Herrich-Schaeffer) (Lepidoptera: Noctuidae: Cucullinae). Guyana Zoologica. Vol. 68 (1): 112-116.

Pérez, N. y L. Vázquez. 2003. Manejo ecológico de plagas. *In: Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible.* Funes *et al.* (eds.). ACTAF. Cuba. pp: 191-234.

Pintureau, B., Babault, M. & J. Voegelé. 1981. Etude de quelques facteurs de variation de la fécondité chez *Trichogramma maidis* Pintureau and Voegelé (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Agronomie.* 1: 315-322

Querino, R. B. & R. A. Zucchi. 2003. Morphologic characterization of ten species of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Recorded in the South America. *Neotropical Entomology* 32(4):597-613.

Ram, A. & K. Sharma. 1977. Laboratory assesment at different combinations of temperature and humidity of the efficiency of a strain of *Trichogramma fasciatum* (Perkins) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) selected for high fecundity. *J. Entomol. Res.* 1:47-54.

Ridgeway , R. L., Ables J.R., Goopasture C. & Hartstack A. W. (1981) *Trichogramma* and it's utilization for crop protection in the United States. En Proc. Soviet-American Conf. on Use of beneficial organisms in the control of crop pests. Entomological Society of America Publ., 62 pp.

Riquelme, V. B., Maria. Botto N., & E. Lafalce. 2006. Evaluación de algunos insecticidas para el control de la "Polilla del tomate", *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina. Vol. 65 (3-4): 57-65.

Rincón-López, C. & López-Ávila, A. 1999. Estudios Biológicos de *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) orientados al control de la Polilla Guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Colombiana de Entomología. Vol. 25 (1-2): 67-71.

Simmons, B. R. & G. M. Pogue. 2004. Redescription of two often-confused noctuid pest, *Copitarsia decolora* and *Copitarsia incommoda* (Lepidoptera: Cucullinae). Annals of the Entomology Society of America. 97(6):1159-1164.

Solomon, J. E. 1949. The natural control of animal populations. Journal of Animal Ecology. 18:1-35.

Stinner, R. E. 1977. Efficacy of inundative releases. Annual Review Entomology 22:515-531.

Tello, P., Cantor, F., Rodríguez, D. & J. R. Cure. 2007. Determinación de las densidades y frecuencias de liberación de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae), en cultivo de tomate bajo invernadero. Revista Facultad de Ciencias Básicas (Universidad Militar Nueva Granada) 2 (1): 107 – 116.

Thompson, W. R. 1930. The utility of mathematical methods in relation to work on biological control. Annals of Applied Biology. 17:641-648.

Torrado-Leon, E., R. Lee, & S. Muñoz. 2005. Reconocimiento de *Copitarsia decolora* (Gueene 1852) en cultivos de flores de exportación en Colombia. Revista Asocolflores. Julio-Diciembre Pag: 12 – 18.

Torres, C. & M. Gerding. 2000. Evaluación de cinco especies de *Trichogramma* como posibles agentes de control biológico de *Cydia pomonella* (L) (Lepidoptera: Tortricidae). Agricultura Técnica 60 (3):

Trivers, R. L. 1972. Parental investment and sexual selection. In: B. Campbell (ed.). Sexual selection and the descent of man and the descent of man. Chicago. Pp. 136-179.

Ullyett, G. C. 1949. Distribution of the progeny by *Cyprus inornatus* Pratt (Hymenoptera: Braconidae) Canadian Entomologist. 81: 285-299.

Urrea, F. & J. Apablaza. 2005. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae). Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 32 (1). 19-26.

USDA (United States Department of Agriculture). 2003. Memorandum of understanding between the United States Department of Agriculture and the Office of the United States Trade representative, and the Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food and the Secretariat of Economy of the United Mexican States regarding areas of food and agricultural trade [On-Line]: <http://www.usda.gov/news/releases/2002/04/moumexico.htm>

Vallejo Cabrera, F. A. 2007. Las Hortalizas en Colombia. Revista Horticultura Brasileira 25 (1): 2pg.

Vinson, S.B. 1997. Comportamento de seleção hospedeira de parasitóides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In: Parra J. R. P. & Zucchi, R. A. (Eds.). Trichogramma

e o Controle Biológico Aplicado. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). Sao Paulo, Brasil. p: 67-119.

Venette, C. R. & J. R. Gould. 2006. A pest risk assessment for *Copitarsia* spp., insects associated with importation of commodities into the United States. *Euphytica* 148: 165-183.

Volden, C. S. & A. Chiang. 1982. Temperature relationships of development of *Trichogramma ostrinae*. In: Ed. INRA, París. Les Colloques de l'INRA (9):97-100.

Zenner de Polanía, I. 1970. Apuntes descriptivos y ciclo de vida de los “Muques de la Papa” *Peridroma pos saucia* (Hubner) y *Copitarsia consueta* (Walter). *Agricultura Tropical* 26: 687 – 693.

Zucchi, R. A., J. R. P. Parra & S. Silveira. 1991. *Trichogramma* species associated with some lepidopterous pest in Brazil. *Less Colloques INRA* 56: 131-134.

## 12. ANEXOS

Anexo 1: Datos de la evaluación de *Trichogramma* sp. sobre *Copitarsia decolora* en el ensayo de respuesta funcional

TTO	Rep	Nº huevos <i>C. decolora</i>	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Nº de huevos parasitados	Nº de huevos eclosionados	Nº avispas emergidas	Nº hembras emergidas	Nº machos emergidos
1	1	30	1.Dic.2008	2.Dic.2008	0	0	0	0	0
2		70	1.Dic.2008	2.Dic.2008	1	1	2	1	1
3		110	1.Dic.2008	2.Dic.2008	0	0	0	0	0
4		150	1.Dic.2008	2.Dic.2008	0	2	1	0	1
1	2	30	25.Nov.2008	26.Nov2008	4	0	0	0	0
2		70	25.Nov.2008	26.Nov2008	3	1	2	1	1
3		110	25.Nov.2008	26.Nov2008	3	0	0	0	0
4		150	25.Nov.2008	26.Nov2008	3	1	3	1	2
1	3	30	25.Nov.2008	26.Nov2008	1	0	0	0	0
2		70	25.Nov.2008	26.Nov2008	2	1	5	3	2
3		110	25.Nov.2008	26.Nov2008	2	0	0	0	0
4		150	25.Nov.2008	26.Nov2008	4	1	4	1	3
1	4	30	26.Nov.2008	27.Nov2008	2	1	1	0	1
2		70	26.Nov.2008	27.Nov2008	0	1	3	1	2
3		110	26.Nov.2008	27.Nov2008	3	2	3	1	2
4		150	26.Nov.2008	27.Nov2008	0	0	0	0	0
1	5	30	26.Nov.2008	27.Nov2008	0	1	3	2	1
2		70	26.Nov.2008	27.Nov2008	2	0	0	0	0
3		110	26.Nov.2008	27.Nov2008	2	0	0	0	0
4		150	26.Nov.2008	27.Nov2008	1	1	2	1	1

- Se uso una hembra del parasitoide (*Trcihogramma* sp.) por cada unidad experimental (repetición).

Anexo 2: Datos de la evaluación de *Trichogramma* sp sobre *Copitarsia decolora* en el ensayo de interferencia mutua

Trat.	Rep.	Nº hembras de <i>Trichogramma</i> sp.	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Nº huevos parasitados	Nº huevos eclosionados	Nº avispas emergidas	Nº hembras emergidas	Nº machos emergidos
1	1	2	27.Nov.2008	28.Nov.2008	7	4	7	5	2
	2	2	28.Nov.2008	29.Nov.2008	21	18	6	3	3
	3	2	1. Dic. 2008	2. Dic. 2008	4	7	10	4	6
	4	2	2. Dic. 2008	3. Dic. 2008	5	4	6	4	2
	5	2	4. Dic. 2008	5. Dic. 2008	9	2	3	0	3
2	1	4	27.Nov.2008	28.Nov.2008	2	1	2	0	2
	2	4	28.Nov.2008	29.Nov.2008	21	19	10	6	4
	3	4	1. Dic. 2008	2. Dic. 2008	10	9	17	10	7
	4	4	2. Dic. 2008	3. Dic. 2008	8	15	23	16	7
	5	4	4. Dic. 2008	5. Dic. 2008	9	8	10	9	1
3	1	8	27.Nov.2008	28.Nov.2008	16	17	41	21	20
	2	8	28.Nov.2008	29.Nov.2008	19	17	8	6	2
	3	8	1. Dic. 2008	2. Dic. 2008	10	18	21	13	9
	4	8	2. Dic. 2008	3. Dic. 2008	9	11	15	10	5
	5	8	4. Dic. 2008	5. Dic. 2008	4	4	8	5	3
4	1	16	27.Nov.2008	28.Nov.2008	14	12	8	2	6
	2	16	28.Nov.2008	29.Nov.2008	33	36	7	5	2
	3	16	1. Dic. 20078	2. Dic. 2008	18	7	9	5	4
	4	16	2. Dic. 2008	3. Dic. 2008	21	9	14	7	7
	5	16	4. Dic. 2008	5. Dic. 2008	37	37	38	13	25

- Se usaron 150 huevos del hospedero (*Copitarsia decolora*) por cada unidad experimental (repetición).

**Anexo 3:** Video de la actividad de parasitismo de *Trichogramma* sp. en los huevos de *Copitarsia decolora* en el ensayo de respuesta funcional. Versión Digital.

**Pruebas de normalidad**

	Tto	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N huevos parasitados	1	,201	5	,200*	,881	5	,314
	2	,283	4	.	,863	4	,272
	3	,300	5	,161	,833	5	,146
	4	,260	4	.	,827	4	,161
Huevos Eclosionados	1	,349	5	,046	,771	5	,046
	2	,441	4	.	,630	4	,001
	3	,300	5	,161	,883	5	,325
	4	,307	4	.	,729	4	,024
N Avispas emergidas	1	,349	5	,046	,771	5	,046
	2	,155	4	.	,998	4	,995
	3	,287	5	,200*	,914	5	,490
	4	,298	4	.	,849	4	,224
Machos Nacidos	1	,367	5	,026	,684	5	,006
	2	,283	4	.	,863	4	,272
	3	,237	5	,200*	,961	5	,814
	4	,307	4	.	,729	4	,024
Hembras Nacidas	1	,473	5	,001	,552	5	,000
	2	,329	4	.	,895	4	,406
	3	,367	5	,026	,684	5	,006
	4	,283	4	.	,863	4	,272

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

**Anexo 4:** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. sobre los huevos de *Copitarsia decolora* a diferentes densidades de huevos del hospedero. Datos obtenidos con el programa SPSS.

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

	F	gl1	gl2	Significación
N huevos parasitados	,462	3	14	,713
Huevos Eclosionados	,828	3	14	,500
N Avispas emergidas	1,155	3	14	,362
Machos Nacidos	1,339	3	14	,302
Hembras Nacidas	1,575	3	14	,240

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Tto

**Anexo 5:** Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. a diferentes densidades de los huevos de *Copitarsia decolora*. Datos obtenidos con el programa SPSS.

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

	F	gl1	gl2	Significación
Parasitados	,305	3	14	,821
Eclosionados	,895	3	14	,468
Avispasmer	,346	3	14	,792
MAchos	,125	3	14	,944
Hembras	,743	3	14	,544

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Tto

**Anexo 6:** Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para los datos transformados con la ecuación  $\ln(x+1)$  de las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. a diferentes densidades de los huevos de *Copitarsia decolora*. Datos obtenidos con el programa SPSS.

	Nº huevos parasitados	Nº huevos eclosionados	Nº avispas emergidas	Nº machos nacidos	Nº hembras nacidas
Chi-cuadrado	,618	1,597	3,901	4,997	3,162
gl	3	3	3	3	3
Sig. asintót.	,892	,660	,272	,172	,367

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: Tto

**Anexo 7:** Estadísticos de contraste a partir de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis entre tratamientos para las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. a diferentes densidades de los huevos de *Copitarsia decolora*. Datos obtenidos con el programa SPSS.

#### Correlaciones

			N huevos parasitados	Huevos Eclosionados	N Avispas emergidas	Machos Nacidos	Hembras Nacidas
Rho de Spearman	N huevos parasitados	Coefficiente de correlación	1,000	,773**	,819**	,818**	,704**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,001
		N	20	18	18	18	18
	Huevos Eclosionados	Coefficiente de correlación	,773**	1,000	,783**	,836**	,622**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,006
		N	18	18	18	18	18
N Avispas emergidas	Coefficiente de correlación	,819**	,783**	1,000	,961**	,916**	
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000	
	N	18	18	18	18	18	
Machos Nacidos	Coefficiente de correlación	,818**	,836**	,961**	1,000	,786**	
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000	
	N	18	18	18	18	18	
Hembras Nacidas	Coefficiente de correlación	,704**	,622**	,916**	,786**	1,000	
	Sig. (bilateral)	,001	,006	,000	,000	.	
	N	18	18	18	18	18	

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Anexo 8:** Correlaciones múltiples a partir de la prueba no paramétrica de Spearman, para las variables analizadas en el ensayo de respuesta funcional de *Trichogramma* sp. a diferentes densidades de los huevos de *Copitarsia decolora*. Datos obtenidos con el programa SPSS.

Densidad del hospedero <i>Copitarsia decolora</i>	Promedio de huevos parasitados	Promedio de adultos emergidos
30	1,4 ± 1,67	0,75 ± 0,95
70	1,6 ± 1,14	2,5 ± 2,08
110	2 ± 1,22	2,5 ± 1,64
150	1,6 ± 1,81	1,25 ± 1,5

**Anexo 9:** Promedio de huevos parasitados y promedio de adultos emergidos para el ensayo de respuesta funcional a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento

Densidad del hospedero <i>Copitarsia decolora</i>	Promedio de machos emergidos	Promedio de hembras emergidas	Proporción de sexos (macho: hembras)
30	0,5 ± 0,57	0,25 ± 0,5	2: 1
70	1,25 ± 0,95	1,25 ± 1,25	1: 1
110	1,6 ± 1,14	0,6 ± 0,54	2,66: 1
150	0,5 ± 0,57	0,75 ± 0,95	0,66: 1

**Anexo 10:** Promedio de machos y de hembras emergidas para el ensayo de respuesta funcional a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento

Densidad hospedero <i>Copitarsia decolora</i>	Promedio huevos eclosionados	Promedio avispas emergidos
30	0,75 ± 0,95	0,75 ± 0,95
70	0,75 ± 0,5	2,5 ± 2,08
110	1 ± 0,71	2,5 ± 1,64
150	0,5 ± 0,57	1,25 ± 1,5

**Anexo 11:** Promedio de los huevos parasitados, promedio de los huevos eclosionados y de adultos emergidos, para el ensayo de respuesta funcional a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento.

**Anexo 12:** Video de la actividad parasítica de *Trichogramma* sp. en los huevos de *Copitarsia decolora* en el ensayo de Interferencia Mutua. Versión Digital.

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N huevos parasitados	,208	20	,023	,897	20	,036
Huevos Ecllosionados	,164	20	,163	,861	20	,008
Machos Nacidos	,285	20	,000	,688	20	,000
Hembras Nacidas	,189	20	,060	,920	20	,101
N Avispas emergidas.	,268	20	,001	,792	20	,001

a Corrección de la significación de Lilliefors

**Anexo 13:** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de *Trichogramma* sp. sobre los huevos de *Copitarsia decolora* a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.

	F	gl1	gl2	Significación
N huevos parasitados	1,118	3	16	,371
Huevos Ecllosionados	6,933	3	16	,003
N Avispas emergidas.	1,872	3	16	,175
Machos Nacidos	2,394	3	16	,107
Hembras Nacidas	1,396	3	16	,280

**Anexo 14:** Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de *Trichogramma* sp. sobre los huevos de *Copitarsia decolora* a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.

	F	gl1	gl2	Significación
LnHuevosParasitados	,131	3	16	,940
LnAvispasEmergidas	,577	3	16	,638
LnMachosnacidos	,967	3	16	,432
LnHembrasnacidas	,653	3	16	,593
Huevos Eclosionados	6,933	3	16	,003

**Anexo 15:** Prueba de homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error a) para los datos transformados con la ecuación  $\ln(x+1)$  de las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de *Trichogramma* sp. sobre los huevos de *Copitarsia decolora* a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.

	Nº huevos parasitados	Nº huevos eclosionados	Nº avispas emergidas	Nº machos nacidos	Nº hembras nacidas
Chi-cuadrado	7,131	3,814	5,611	2,657	7,291
gl	3	3	3	3	3
Sig. asintót.	,068	,282	,132	,448	,063

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: Tto

**Anexo 16:** Estadísticos de contraste a partir de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis entre tratamientos para las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de *Trichogramma* sp. sobre los huevos de *Copitarsia decolora* a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.

**Correlaciones**

			N huevos parasitados	Huevos Eclosionados	N Avispas emergidas.	Machos Nacidos	Hembras Nacidas
Rho de Spearman	N huevos parasitados	Coefficiente de correlación	1,000	,798**	,267	,287	,285
		Sig. (bilateral)	.	,000	,256	,219	,223
		N	20	20	20	20	20
	Huevos Eclosionados	Coefficiente de correlación	,798**	1,000	,502*	,422	,526*
		Sig. (bilateral)	,000	.	,024	,064	,017
		N	20	20	20	20	20
	N Avispas emergidas.	Coefficiente de correlación	,267	,502*	1,000	,800**	,913**
		Sig. (bilateral)	,256	,024	.	,000	,000
		N	20	20	20	20	20
	Machos Nacidos	Coefficiente de correlación	,287	,422	,800**	1,000	,579**
		Sig. (bilateral)	,219	,064	,000	.	,007
		N	20	20	20	20	20
	Hembras Nacidas	Coefficiente de correlación	,285	,526*	,913**	,579**	1,000
		Sig. (bilateral)	,223	,017	,000	,007	.
		N	20	20	20	20	20

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Anexo 17:** Correlaciones múltiples a partir de la prueba no paramétrica de Spearman, para las variables analizadas en el ensayo de interferencia mutua de *Trichogramma* sp. sobre los huevos de *Copitarsia decolora* a diferentes densidades de la avispa. Datos obtenidos con el programa SPSS.

Densidad del parasitoide <i>Trichogramma</i> sp.	Promedio de huevos parasitados	Promedio de huevos parasitados / avispa
2	9 ± 6,87	4,6 ± 3,43
4	10 ± 6,89	2,5 ± 1,72
8	11,6 ± 5,94	1,45 ± 0,74
16	24,6 ± 9,91	1,54 ± 0,61

**Anexo 18:** Promedio de huevos parasitados y promedio de adultos emergidos para el ensayo de interferencia mutua a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y la desviación estándar de cada tratamiento

Densidad parasitoide <i>Trichogramma</i> sp.	Promedio machos emergidos	Promedio hembras emergidas	Proporción de sexos (hembras: machos)
2	3,2 ± 1,64	3,2 ± 1,92	1:1
4	4,2 ± 2,77	8,2 ± 5,84	2:1
8	7,8 ± 7,32	11 ± 6,44	1:1
16	8,8 ± 9,25	6,4 ± 4,09	1:1

**Anexo 19:** Promedio de machos y de hembras emergidas para el ensayo de respuesta funcional a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento.

Densidad parasitoide <i>Trichogramma</i> sp.	Promedio huevos eclosionados	Promedio de avispas emergidas
2	7 ± 6,40	6,4 ± 2,5
4	10,4 ± 6,91	12,4 ± 7,95
8	13,4 ± 5,94	18,6 ± 13,64
16	20,2 ± 14,98	15,2 ± 13,02

**Anexo 20:** Promedio de los huevos parasitados, promedio de los huevos eclosionados y de adultos emergidos, para el ensayo de interferencia mutua a diferentes densidades del hospedero. Los datos corresponden al promedio de las cinco repeticiones y a la desviación estándar de cada tratamiento.