EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE LIBERACIÓN DE *Apanteles gelechiidivoris* MARSH (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) PARA EL CONTROL DE *Tuta absoluta* MEYRICK (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) EN CONDICIONES COMERCIALES

ANDREA CAROLINA WANUMEN RIAÑO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
MÁSTER EN BIOLOGÍA APLICADA
BOGOTÁ, COLOMBIA, D.C.
2012

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE LIBERACIÓN DE *Apanteles gelechiidivoris* MARSH (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) PARA EL CONTROL DE *Tuta absoluta* MEYRICK (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) EN CONDICIONES COMERCIALES

ANDREA CAROLINA WANUMEN RIAÑO

Trabajo de grado como requisito para optar el titulo de Máster en Biología Aplicada

Director:
Fernando Cantor, Ph.D

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
MÁSTER EN BIOLOGÍA APLICADA
BOGOTÁ, COLOMBIA, D.C.
2012

_____

Dr. Fernando Cantor

Director Trabajo de Grado Máster

_____

Vanda Bueno

Jurado

_____

Jose Ricardo Cure Hakim

Jurado

_____

Edison Torrado-León

Jurado

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin previa autorización de sus autores.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por ser la principal fuente de financiación del proyecto del cual realice mi tesis de Máster.

En segunda instancia a los integrantes del laboratorio de control Biológico de la UMNG. A Fernando Cantor, por acompañarme en el día a día y durante toda mi formación académica, desde el inicio del proceso formativo y de investigación hasta la finalización de mi máster. A mis compañeras Johana Bajonero y Jessica Morales por el constante apoyo con los detalles relacionados a la cría de los insectos y en general de mi trabajo. A Laura Muñoz por la compañía semanal a la finca "Villa Yoli", donde tomamos los datos de la tesis y a ellas esto y mucho más……. A Sandra Aragón por sus valiosos comentarios en el documento final.

Un especial agradecimiento a Don Miguel, Doña Yolanda y a toda su familia, quienes abrieron más que la puerta de la finca donde se recopilaron los datos, para brindarnos un calor de hogar cada semana durante todo el desarrollo experimental del trabajo.

Sin duda a toda mi familia, mi padre Milton, mi madre Stella, mi hermano Yolian y mi novio Andrés, quieres me acompañaron y apoyaron desde el inicio de mi vida en la investigación y lo hacen hasta este momento, a ellos un abrazo y un profundo agradecimiento en todo aspecto.

A todos…. Muchas gracias de corazón…!!!!

CONTENIDO

1. RESUMEN 11
2. JUSTIFICACIÓN 13
3. OBJETIVOS 16
3.1. Objetivo general 16
3.2. Objetivos específicos 16
4. REVISIÓN DE LITERATURA 17
4.1 Generalidades del cultivo de tomate 17
4.2. Plagas de mayor importancia en el cultivo de tomate 19
4.2.1. Cogollero del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) 19
4.2.1.1 Daño provocado por *Tuta absoluta* en el cultivo de tomate 20
4.3. Tipos de control 21
4.3.1. Control químico 21
4.3.2. Control Alternativo 22
4.3.2.1 Control cultural 22
4.3.2.2 Plantas resistentes 22
4.3.2.3 Control etológico 23
4.3.2.4. Control biológico 23
4.4 Criterios de decisión 25
4.4.1 Nivel de daño económico 26
4.4.2. Umbral de daño económico 26
4.5. Efecto del parasitoide *Apanteles gelechiidivis* sobre *Tuta absoluta* 29
5. MATERIALES Y MÉTODOS 31
5.1. Características del área de estudio 31
5.2. Fase A 32
5.2.1. Selección del material biológico 32
5.2.2. Diseño experimental 33
5.2.3. Registro de variables 34
5.2.4. Análisis de datos 35
5.3. Fase B 35

5.3.1. Selección del material biológico 35
5.3.2. Diseño experimental.....36
5.3.3. Infestación artificial con *Tuta absoluta* 36
5.3.4. Parasitación con *Apanteles gelechiidivoris* 37
5.3.5. Evaluación de parámetros económicos del cultivo.....37
5.3.6. Efectividad del control de *Apanteles gelechiidivoris* sobre población de *Tuta absoluta* 37
5.3.7. Consideraciones para la toma de decisión con el fin de maximizar el control de *Tuta* absoluta por medio de liberaciones del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris.*.....39
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 39
7. CONCLUSIONES..... 53
8. LITERATURA CITADA 54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de nivel de daño económico (NDE). Figura adaptada de Pedigo y Higley, (1996)……..27

Figura 2. Respuesta funcional. a) Tipo I, b) Tipo II y c) Tipo III. Figura adaptada de Hassel, (1998)……29

Figura 3. Respuesta funcional de *Apanteles gelechiidivoris* sobre larvas de *Tuta absoluta* en condiciones de laboratorio. Tomado de Bajonero *et al*., (2008)……...30

Figura 4. Detalle dimorfismo sexual de adultos de la plaga *Tuta absoluta*……31

Figura 5. a) Recipiente recolector de la bomba de vacío. b) Recipiente de transporte a campo……33

Figura 6. Unidad experimental empleada en un cultivo comercial……..34

Figura 7. Diseño completo al azar de las unidades experimentales en el invernadero……..35

Figura 8. Relación de la longitud de las plantas de tomate, respecto la densidad de larvas de *Tuta absoluta*, a través del tiempo…….39

Figura 9. Número de frutos cosechados por la planta, respecto el número de larvas. R^2=0.723……41

Figura 10. Número de racimos de producción/planta, respecto el número de larvas de la plaga *Tuta absoluta*……....41

Figura 11. Clasificación comercial de los frutos, respecto a) diametro polar R^2=0.3156 y b) diametro ecuatorial de los frutos cosechados R^2=0.683 según el número de larvas presentes en la planta……42

Figura 12. Peso de los frutos cosechados R^2=0,679 según el número de larvas presentes en la planta……43

Figura 13. Frutos de tomate con daño estético causado por perforaciones de larvas de *Tuta absoluta*……..44

Figura 14. Número de frutos recolectados y perforados por la planta, respecto el número de larvas de la plaga *Tuta absoluta*……...45

Figura 15. Comparacion de las pupas del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* y la plaga *Tuta absoluta*……46

Figura 16. Relacion entre larvas de tercer instar de la plaga *Tuta absoluta* ofrecidas, respecto las larvas controladas por *Apanteles gelechiidivoris*……..48

Figura 17. Curva de nivel de daño económico de *Tuta absoluta* en condiciones comerciales……..51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Número de hembras y larvas de *Tuta absoluta*/tratamiento…….40

Tabla 2. Eficiencia de búsqueda del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* para el control de larvas de *T. absoluta* en condiciones comerciales……..……...48

Tabla 3. Costo de control para la plaga *Tuta absoluta* respecto aplicaciones de insumos químicos y liberación de hembras de *Apanteles gelechiidivoris*…….....50

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE LIBERACIÓN DE *Apanteles gelechiidivoris* MARSH (HYMENOPTERA: GELECHIIDAE) PARA EL CONTROL DE *Tuta absoluta* MEYRICK (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) EN CONDICIONES COMERCIALES

RESUMEN

Entre los principales agentes fitosanitarios presentes en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Mill) se encuentra *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera:Gelechiidae), plaga que puede estar presente en todos los estados fenológicos del cultivo y ocasionar pérdidas cercanas al 100%, los daños reportados son la reducción del área foliar, la perforación de flores, tallos y frutos. Con el fin de evitar estas pérdidas económicas se implementa el control químico como principal estrategia para el control de la plaga, sin embargo, este presenta diversos problemas ambientales, sociales y aumentos económicos en la producción del cultivo de tomate. Por esto, por medio de este trabajo se propone un control biológico de *T. absoluta*, basado en la densidad de la plaga y no en el criterio de presencia/ausencia. Para ello se determinó el umbral de daño económico de la plaga y la capacidad parasítica del enemigo natural *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera:Braconidae) en condiciones comerciales bajo invernadero en la región de Boyacá-Colombia.

En el caso del nivel de daño, se estimaron criterios de calidad como tamaño, peso y número de frutos producidos por la infestación de 0, 7, 15, 20, 30 y 40 larvas de la plaga/planta, se estableció el umbral de daño económico con 7 larvas/planta. Respecto la capacidad parasítica de *A. gelechiidivoris* se estimó en una proporción de 6:1 (larvas de tercer instar de la plaga:hembras del parasitoide). Con estos datos se puede tomar las decisiones adecuadas en el momento oportuno, implementando control biológico para el control de *T. absoluta* en condiciones bajo invernadero en Boyacá-Colombia.

ABSTRACT

The main plant protection agents present in the tomato crop (*Lycopersicon esculentum*) (Mill) is *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera:Gelechiidae), pest that may be present in all developmental stages of the crop, cause losses close to 100%, damage reported include reduced leaf area, drilling of flowers, stems and fruits. In order to avoid these economic losses chemical control is implemented as the main strategy to control the pest, however, this presents a number of environmental, social and economic gains in the production of the tomato crop. Therefore, through this work we propose a biological control of *T. absolute*, based on the density of the pest and not on the criterion of presence/absence. To do this we determined the threshold of economic damage of the pest and natural enemy parasitic capacity *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae) in commercial greenhouse conditions in the region of Boyacá, Colombia.

For the level of damage, estimated quality criteria such as size, weight and number of fruits produced by the infestation of 0, 7, 15, 20, 30 and 40 larvae of the pest/plant, was established damage threshold economic with 7 larvae/plant. Regarding the parasitic capacity of *A. gelechiidivoris* was estimated in a ratio of 6:1 (third instar larvae of the pest:parasitoid females). With this information we can make the right decisions at the right time, implementing biological control for control of *T. absolute* greenhouse conditions in Boyacá, Colombia.

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE LIBERACIÓN DE *Apanteles gelechiidivoris* MARSH (HYMENOPTERA: GELECHIIDAE) PARA EL CONTROL DE *Tuta absoluta* MEYRICK (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) EN CONDICIONES COMERCIALES

1. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Mill) es considerado un producto agrícola de gran importancia a nivel mundial, debido a su consumo fresco y los numerosos derivados que se pueden generar de él (Santiago *et al*, 1998; Camargo *et al*., 2007). A nivel nacional, la producción del cultivo ha pasado de cerca de 300.000 a 500.000 toneladas en el año 2010 (Agronet, 2012), por lo cual se ha convertido en un producto promisorio como fuente de empleo en nuestro país.

Por esta razón, es importante tener en cuenta los diferentes factores para obtener un buen producto, entre los que se encuentra: la selección de la variedad, producción de la plántula, desinfección del medio de soporte, trasplante, fertilización, riego, tutorado, podas, recolección, manejo poscosecha y uno de los más importantes el manejo de plagas y enfermedades (Paredes, 2009).

Esta solanácea es atacada por diversos agentes fitosanitarios, algunos de los que se encuentran catalogados como enfermedades son *Fusarium oxysporum*, *Alternaria solani* y *Brotryotinia fuckeliana*. Entre las plagas se encuentran *Trialeurodes vaporariorum*, *Lyriomisa* sp., diferentes especies de áfidos y *Tuta absoluta* (Paredes, 2009). Esta ultima también conocida como cogollero del tomate, puede estar presente en todos los estados fenológicos del cultivo (Giustolin *et al*., 2002) y ocasionar pérdidas cercanas al 100% (Della *et al*., 2001).

Los problemas fitosanitarios ocasionados por el cogollero del tomate, se generan principalmente por los hábitos de alimentación de la larva, esta se alimenta del mesófilo del tejido vegetal. Atacan el punto de crecimiento apical de la planta, así

como estructuras determinadas entre las que se encuentran botones florales, tallos y frutos (Uchoa, 1992; Attygalle *et al*., 1996; Pinheiro, 1999; Della *et al*., 2001). En todos los casos, se generan orificios de entrada de la larva, estos orificios también permiten la entrada de patógenos (Fernández y Montagne, 1990), lo que afecta la calidad del fruto y la fenología del cultivo en general.

Con el fin de contrarrestar la disminución en el rendimiento del cultivo de tomate, producido por la reducción en el área foliar y la perforación de frutos, los agricultores utilizan el control químico como principal estrategia para la eliminación de la plaga, basados en su eficiencia, rapidez, facilidad y accesibilidad de los productos (Della *et al*., 2001; Suinaga *et al*., 1999). Este método de control, consiste en la aplicación de insecticidas de forma periódica, contra diferentes estados de desarrollo de la plaga (huevo y adulto).

Aunque el control químico presenta beneficios de rápida acción, tiene altas implicaciones ambientales, como la utilización de productos que no son específicos lo que aumenta plagas secundarias y poblaciones de insectos-plaga resistentes al producto empleado. Estas constantes aplicaciones se realizan respecto la presencia o la ausencia de los estados de desarrollo de *T. absoluta* en el cultivo (Salas, 2007), lo que obliga a la utilización de productos cada vez mas tóxicos y de forma más frecuente. De igual forma existen implicaciones sociales y económicas, pues la constante aplicación de insumos agrícolas, aumentan los costos de producción, lo disminuye la rentabilidad de agricultor (Attygalle *et al*., 1996).

Por esto, uno de los aportes de este trabajo es evitar gastos innecesarios por parte del agricultor. Se propone realizar el control de *T. absoluta* en el cultivo, basados en la densidad de la plaga y no en el criterio de presencia/ausencia. Para ello es necesario conocer los umbrales de daño del cogollero del tomate, con el fin de tomar las decisiones adecuadas en el momento oportuno. Estas decisiones son un factor importante para establecer el tipo de estrategia a utilizar y poder implementar manejo integrado de plagas (MIP). En el cual se integran y aplican distintas tipos de

control, desde el químico (aplicación de insumos agrícolas de baja toxicidad), el mecánico al trabajar con distancias de siembra, cultural como podas, fitogenético como la selección de genotipos específicos y el control biológico como la liberación de agentes benéficos (Follet y Vick, 2002).

Respecto al control biológico de *T. absoluta*, se han adelantado investigaciones por parte de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG). Donde se ha estudiado la biología básica y parte del comportamiento en condiciones de laboratorio del endoparasitoide *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae) (Escobar *et al*., 2005; Bajonero *et al*., 2008), al igual que su potencial como controlador en condiciones de campo (Morales y Muñoz, 2008; Aguilar *et al*., 2010). De estos estudios, se ha *establecido A. gelechiidivoris* como un agente con alto potencial de control de la plaga en condiciones comerciales. Aunque en campo es un agente efectivo, es necesario indicar al agricultor si hay o no necesidad de liberar el agente benéfico y en qué cantidades hacer la liberación, para ello es importante determinar el momento y la densidad de liberación del parasitoide en el cultivo.

Con el fin de cumplir con los requerimientos generados por el MIP a nivel nacional e internacional, se desea plantear un manejo biológico de la plaga *T. absoluta*. Para ello, es necesario conocer el umbral de daño económico del cultivo, con el fin de establecer criterios de decisión, que sean funcionales al control biológico en los cultivos en la región de Boyacá-Colombia, al emplear el parasitoide *A. gelechiidivoris*.

Al conocer la efectividad del parasitoide *A. gelechiidivoris* en campo, e integrar este conocimiento al MIP en la región de Boyacá, nos acercamos a cultivos agrícolas que se encuentran con un determinado estatus, donde los productos son considerados orgánicos y pueden obtener mayor valor económico en el mercado. Lo que nos llevaría a aumentar la producción de tomate tanto a nivel regional, como nacional.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Establecer la densidad de liberación del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) que pueda controlar efectivamente una población determinada de *Tuta absoluta* (LEPIDOPTERA: GELECHIDAE) en un cultivo comercial de tomate en condiciones de invernadero ubicado en Boyacá-Colombia.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de daño causado por diferentes densidades de *Tuta absoluta* (LEPIDOPTERA: GELECHIDAE), que permita una correcta decisión para una estrategia de control.

- Identificar la proporción de liberación del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) capaz de controlar poblaciones de *Tuta absoluta* (LEPIDOPTERA: GELECHIDAE), presentes en un cultivo comercial de tomate, sin que se vea afectada la productividad de dicho cultivo.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del cultivo de tomate

El tomate (*Lycopersicum esculentum*) (Mill) es una planta dicotiledónea, de tipo arbustivo, perteneciente a la familia Solanaceae (Casaca, 2005). Presenta un tallo largo y hojas con distribución alterna, compuestas por siete o nueve foliolos. Las flores se agrupan en forma de ramilletes laterales, son perfectas y pentámeras (Paredes, 2009).

Este cultivo es considerado de gran importancia a nivel mundial. Su principal productor es China, seguido por Estados Unidos de América. En Suramérica, se encuentran en los primeros registros Brasil y Chile (FAO, 2012). A nivel nacional (Colombia), la producción del cultivo de hortalizas ha aumentado en los últimos años, encontrándose en la posición 13 como producto de importancia económica

Actualmente, el cultivo de tomate se encuentra distribuido en los departamentos de Norte de Santander (2.179 ha), Valle del Cauca (1.807 ha), Cundinamarca (1.406 ha), Santander (1.270), Caldas (1.183 ha), Huila (1.158 ha) y Boyacá (1.124 ha). Sin embargo, la importancia de los departamentos cambia respecto a su producción, como primer departamento se encuentra Boyacá con cerca de 100.000 toneladas y segundo Norte de Santander con un poco más de 80.000 toneladas (Agronet, 2012).

Es importante resaltar que el departamento de Boyacá se encuentra en el séptimo lugar respecto al área sembrada, mientras que en producción se ubica en la primera posición (96.083 toneladas), al igual que el rendimiento por departamento, (85,5 ton/ha) (Agronet, 2012). Estas características nos sugieren que el departamento de Boyacá, puede ser mejor explotado agrícolamente, para el cultivo de tomate. Entre los factores que más afectan la producción en cualquier región, se encuentra la temperatura (óptima entre los 20 y 30ºC.), captación de radiación

solar, respiración, transpiración, fertilización y cantidad de riego (Santiago *et al*., 1998).

El cultivo de tomate pasa por diez estados de desarrollo, los cuales son: la germinación, el desarrollo de hojas (tallo principal), formación de brotes laterales, crecimiento longitudinal, desarrollo de partes vegetativas, aparición del órgano floral, floración, formación del fruto, maduración tanto de frutos como de semillas y senescencia (Enz y Dachler, 1998; Paredes, 2009). Este proceso tiene una duración aproximada de 150 días. Debido a su rápido desarrollo, puede sembrase durante todo el año. Sin embargo, sus problemas fitosanitarios cambian según la época en que se encuentre, en período de lluvia es relevante la incidencia de enfermedades, mientras que en época seca, es mayor la presencia de plagas (Corpeño, 2004).

Santiago *et al*., (1998), reportan algunas ventajas que tienen con el uso de invernaderos para el cultivo del tomate, entre las que se encuentran el aumento en el rendimiento de la cosecha, obtención de cosechas fuera de época, frutos de mayor calidad, ahorro de agua, siembra de variedades selectas con rendimiento máximos y mejor control de plagas y enfermedades. Chávez *et al*., (2007), completan estas ventajas al afirmar que se reduce el tiempo de desarrollo del cultivo y por tanto, existe la posibilidad de obtener entre dos a tres cosechas al año. También es notable la baja deshidratación de los frutos cuando se encuentran en condiciones homogéneas dentro del invernadero (Caseirra-Posada *et al*., 2007; Chávez *et al*., 2007; Paredes, 2009).

Se debe tener en cuenta que la comercialización del producto depende del momento de cosecha y manejo post-cosecha (Casaca, 2005). Esto, basado en que el consumo se realiza principalmente cuando el producto se encuentra fresco, en este momento el consumidor lo cataloga respecto la calidad sensorial. Castro *et al*., (2009), reportan una escala de maduración donde se tienen en cuenta variables

como el sabor y color de los frutos en los diferentes estados de maduración que presenta el tomate.

3.2. Plagas de mayor importancia en el cultivo de tomate

En las regiones de Boyacá y Cundinamarca, el cultivo de tomate es afectado por diferentes plagas, entre las más relevantes se encuentran la mosca blanca de los invernaderos y el cogollero del tomate (De Vis *et al*., 2001). Los mismos autores reportan la presencia de plagas menores como ácaros, trips, áfidos y otros lepidópteros.

3.2.1. Cogollero del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)

La plaga primaria *Tuta absoluta* (Meyrick) o cogollero del tomate (De Vis *et al*., 2001), fue reportada inicialmente por Meyrick en 1917, como *Phthorimaea absoluta*, posteriormente pasó al género *Gnorimoschema* por Busk (1900), después Povolny (1975) la determinó como género *Scrobipalpula*. Más recientemente, en una última revisión de la sistemática de los Gelechiidae, se ubico en el género *Tuta*, conociéndose actualmente como *Tuta absoluta* (Silva, 2004). Aunque es considerada una plaga primaria del cultivo de tomate, también se alimenta de otras solanáceas como la papa (Pereyra y Sánchez, 2006).

Tuta absoluta es considerada un agente fitosanitario que genera grandes pérdidas económicas a países latinoamericanos como Colombia, Brasil, México, Argentina, Bolivia, Uruguay, Paraguay y Chile (Uchoa, 1992; Vélez, 1997; Suinaga *et al*., 1999; Estay, 2000; Araya y Salazar, 2001; De Vis *et al*., 2001; Giustolin *et al*., 2002) y actualmente en la Unión Europea, cuya primera aparición se registró en España (Urbañeja *et al*., 2007). Su ciclo de vida, atraviesa por los siguientes estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. El estado de larva es la etapa de mayor duración y por lo tanto la más susceptible a las condiciones externas (Miranda *et al*., 1998). Barrietos *et al*., (1998) determinaron que la temperatura es un factor que

limitaba el desarrollo de la plaga, debido a su importancia se encuentran reportes de su efecto sobre el desarrollo del fitófago tanto en condiciones de laboratorio, como en campo (Silva, 2004).

3.2.1.1 Daño provocado por *Tuta absoluta* en el cultivo de tomate

El daño ocasionado por la plaga, se observa durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo (vegetativo y reproductivo) (Giustolin *et al*., 2002). Se encuentran reportes de disminución en la producción hasta del 100% (Uchoa, 1992; Attygalle *et al*., 1996; Pinheiro, 1999; Della *et al*., 2001), la cual puede generarse por daño directo e indirecto (Attygalle *et al*., 1996; Torres *et al*., 2001; Lopes y De Avila, 2005). Fernández y Montagne, (1990) determinaron que el principal daño indirecto se genera por la entrada de patógenos al fruto, por los mismos orificios formados por la plaga.

Por otro lado el daño directo generado en el cultivo se produce por el proceso de alimentación por parte de las larvas, el cual consiste en la disminución del mesófilo del tejido vegetal, pueden atacar el punto de crecimiento apical de las plantas y estructuras como botones florales, tallos y frutos (Uchoa, 1992; Attygalle *et al*., 1996; Pinheiro, 1999; Della *et al*., 2001), razón por la cual, es considerada minadora de hojas, barrenadora del tallo y perforadora de frutos y flores (Vélez, 1997).

En las hojas se observa una pequeña mancha similar a una mina irregular, la cual aumenta de tamaño conforme aumenta el tamaño de la larva. En ataques severos, todo el tejido del parénquima de la hoja desaparece, en este momento, solo permanece la nervadura, ambas epidermis de la hoja y el excremento de la larva (Silva, 2004), este estado alcanza un consumo relativo del mesófilo cercano al 80% de la planta (Bogorni *et al*., 2003). Al ser esta zona indispensable para la fotosíntesis, se genera una disminución en la calidad de los frutos (Attygalle *et al*., 1996; Lopes y De Avila, 2005; Cely, 2006) y la disminución del rendimiento

económico del cultivo (Santiago *et al*., 1998; Salas, 2007). En ataques directos al ovario de la flor, se genera la caída de los botones, flores y frutos, al alimentarse del interior de estas estructuras las larvas quedan protegidas de algunos métodos de control (France *et al*., 2006).

3.3. Tipos de control

3.3.1. Control químico

El principal tipo de control en la agricultura es la aplicación de agroquímicos (Suinaga *et al*., 1999; Della *et al*., 2001; Cano *et al*., 2004). En Colombia, esta técnica es utilizada como primera opción para la erradicación de insectos plaga, adicionalmente a insecticidas se aplican bactericidas y fungicidas.

Este método es ampliamente utilizado respecto el rápido efecto sobre la población plaga, la facilidad en el uso y acceso de los productos. En casos extremos para el control del cogollero del tomate, se alcanzan a realizar tres aplicaciones en la semana (Suinaga *et al*., 1999). Según García (2002) la compra y aplicación de estos insumos agrícolas, al ser utilizados de manera extensiva en los cultivos, eleva los costos de producción y disminuye las ganancias de los agricultores.

Adicionalmente a los costos de producción, se generan problemas ambientales como el resurgimiento de plagas secundarias y aparición de poblaciones de insectos-plaga resistentes al agroquímico empleado (Attygalle *et al*., 1996). Estos factores aumentan la frecuencia de aplicación y la toxicidad en el producto utilizado (Suinaga *et al*., 1999), lo que afecta la salud del consumidor y operarios del cultivo (Attygalle *et al*., 1996; Della *et al*., 2001). Driesche *et al*., (2007) explican detalladamente el efecto que tienen los insecticidas sobre el ambiente y algunas enfermedades adquiridas por los trabajadores en los cultivos.

Es importante tener en cuenta que los productos aplicados no son específicos para la plaga, por el contrario afectan otras poblaciones del ecosistema como enemigos naturales, lo que disminuye la efectividad de otros métodos de control (López-Ávila, 2002). Adicionalmente, los hábitos de alimentación de la larva dificultan su control por parte de aplicaciones de productos químicos (France *et al*., 2006).

3.3.2. Control Alternativo

Actualmente se recomienda un Manejo Integrado de Plagas (MIP), basado en la combinación de diferentes métodos de control para este fitófago (Monserrat, 2009). Por medio de este conjunto de prácticas agrícolas, se puede efectuar control de la plaga sin los problemas secundarios del control químico (Corpeño, 2004).

En estas prácticas se involucran componentes fisiológicos del cultivo, insectos plaga, insectos benéficos, factores ambientales y socioeconómicos. Dichos factores, son empleados en los programas de manejo integrado de plagas. En este tipo de programas se desarrollan estrategias eficaces para el control de problemas fitosanitarios, que no afectan el nicho ecológico de las especies del lugar y al mismo tiempo sean económicamente viables para el agricultor (Follet y Vick, 2002).

3.3.2.1 Control cultural

Este tipo de control se basa principalmente en la eliminación del material vegetal por medio del deshoje, desbrote y retirada de frutos de descarte en el cultivo, al igual que la destrucción de restos de plantas (residuos) al finalizar la cosecha (Linares, 2004).

3.3.2.2 Plantas resistentes

Algunos características de estas plantas es la presencia de tricomas foliares que secretan sustancias que generan tolerancia al ataque de insectos (Suinaga *et al*.,

1999). Otro modo de acción es la producción de sustancias inhibitorias en el desarrollo, dichas sustancias aumentan la duración y reducen la viabilidad de los estadios de larvas y del estado de pupa, al influir directamente en el peso de los insectos, lo que genera hembras más pequeñas y de menor fecundidad (Giustolin *et al*. 2002).

3.3.2.3 Control etológico

En este tipo de control se combinan diferentes estrategias, para el control del cogollero del tomate, la que mayor eficiencia a resultado en campo es la utilización de sustancias químicas (Della *et al*., 2001). El uso de trampas con feromona sexual sintética utilizada en la captura de machos de *T. absoluta*, es considerado una técnica novedosa y efectiva para la detección y muestreo de la plaga por su alta precisión (Uchoa, 1992).

La efectividad de las trampas con feromonas depende del conocimiento previo acerca del comportamiento y la biología de la plaga, el uso de una feromona de alta calidad asegurando un buen mecanismo de dispersión, los correctos componentes y proporción utilizada de la feromona y finalmente la forma y ubicación de las trampas en campo (Pinheiro, 1999). Para el cogollero del tomate se encuentran reportes en condiciones comerciales, con una extensión de tres hectáreas con 25 trampas, las capturas hasta de 869 ± 255 en tres noches consecutivas (Michereff *et al*., 2000). En la región de Boyacá-Colombia, se han evaluado el uso de trampas con feromona, en combinación con el control biológico, reportando una efectividad de control hasta del 70% (Aguilar *et al*., 2010).

3.3.2.4. Control biológico

3.3.2.4.1. Uso de agentes entomopatógenos

En estudios de France *et al*., (2002) se evaluaron diferentes hongos entomopatógenos, de los cuales se determino que *Metarhizium anisopliae* var.

anisopliae y *Beauveria bassiana*, eran eficaces para el control de huevos de la plaga *T. absoluta*, dichos hongos alcanzan niveles de mortalidad hasta del 80% de los huevos. También se reporta la posibilidad de evitar el desarrollo de resistencia ante el parasitismo de los entomopatógenos, como una ventaja en el control del cogollero del tomate (Rodríguez *et al*., 2006). En últimas publicaciones se evalúa el uso de *Bacillus thuringiensis* con enemigos naturales, resultando una medida en condiciones comerciales, sin embargo costosa (Mollá y Gonzales-Cabrera, 2011).

3.3.2.4.2 Uso de enemigos naturales

Para el control del cogollero del tomate se han empleado depredadores como *Nesidiocoris tenuis* (Mollá y Gonzales-Cabrera, 2011) y *Macrolophus pygmaeus* (Molla *et al*., 2009) y parasitoides como *Pseudapanteles dignus* (Muesebeck) (Polack y Brambilla, 2000), *Apanteles gelechiidivoris* (Escobar *et al*., 2005; Bajonero *et al*., 2008; Aguilar *et al*., 2010) y *Trichogramma pretiosum* (Pratissoli y Parra, 2000).

Salvo y Valladares (2007), realizaron una recopilación del control biológico de plagas de importancia económica, con el uso de los parasitoides y su relación con el control químico y el control cultural, reportando casos exitosos de la implementación de agentes benéficos dentro de programas con un manejo integrado (MIP) en diferentes cultivos. Arnó *et al*., (2009) reportan el potencial de miridos para la regulación de la plaga. Por esta razón, el estudio de enemigos naturales ha tomado gran importancia en el ámbito académico. En la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) se han adelantado estudios acerca del endoparasitoide *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), controlador perteneciente a la familia Braconidae, catalogados como insectos holometabólicos (Campos, 2001).

El ciclo de vida de este controlador en condiciones de laboratorio (24°C, 80-90% HR), consta de un estado de huevo (tres días), tres instares larvales (ocho días), pupa (nueve días) y adulto (diez días), de igual forma se determinó su preferencia

de parasitación por larvas de tercer instar de *T. absoluta*, sin embargo puede parasitar todos los estadios larvales de la plaga (Escobar *et al*., 2005). Los umbrales de temperatura para cada estado de desarrollo fueron reportados por Bajonero *et al*., (2008). Los mismos autores establecieron el efecto de la temperatura sobre la actividad parasítica, obtuvieron una parasitación máxima de 12 larvas, cuando la temperatura es de 20ºC (densidades evaluadas: 5, 10, 20, 40, 80 y 160).

Este endoparasitoide se encuentra de manera natural en cultivos de tomate de la Sabana de Bogotá, en los cuales la aplicación de productos químicos es reducida (Escobar *et al*., 2005). Su potencial a nivel de campo, se ha completado por estudios realizados en condiciones comerciales en la región del alto Ricaurte (Boyacá-Colombia) al evaluar su comportamiento en conjunto con el control etológico (Morales y Muñoz, 2008) y establecer un parasitismo de larvas del 70% en condiciones comerciales (Aguilar *et al*., 2010).

3.4 Criterios de decisión

Respecto el auge de los productos limpios, con menores trazas de sustancias de síntesis química (EPA, 2011) se han empleado diferentes estrategias de manejo. En el caso del cultivo de tomate Aguilar *et al*., (2010), reportan un alto control de las principales plagas del cultivo (*T. vaporariorum* y *T. absoluta*), combinando el control etológico y biológico. De igual forma, se han reportado casos exitosos de programas al emplear el MIP, donde la optimización de los rendimientos del cultivo, se basa en la utilización de umbrales de daño en el momento de controlar diferentes plagas de importancia económica (Polack y Brambilla, 2000; Torres *et al*., 2002),

De acuerdo a Pedigo y Higley (1996), existe un efecto entre las plagas sobre el rendimiento económico del cultivo, esto relaciona la densidad de *T. absoluta* y las pérdidas económicas en el cultivo de tomate, que se generan como resultado a

este daño, dicha relación se denomina bioeconomía y se integran diferentes factores, entre los que se encuentran el nivel de daño económico y el umbral económico.

3.4.1 Nivel de daño económico

El nivel de daño económico (NDE) es considerado como la densidad de la plaga que causa daños que equivalen al costo de su control en el cultivo (Pedigo y Rice, 2006). El desarrollo del cultivo respecto al daño económico, se puede estimar por la observación de poblaciones naturales de la plaga, algún tipo de modificación en esta población natural (reducción o aumento) o la simulación del daño (Dalva, 1989).

3.4.2. Umbral de daño económico

Stern *et al*., (1959) definen el umbral de daño económico (UE) como la densidad de población en la que se debe iniciar alguna acción de control, con el objetivo de impedir que una creciente población de plaga alcance el nivel de daño económico (NDE), este umbral es medible en número de insectos.

Según Pedigo y Higley (1996), se pueden establecer diferentes tipos de umbrales económicos, entre estos se encuentran los umbrales fijos, descriptivos y dicótomos.

1. UE Fijo: en este caso, el umbral se establece en un porcentaje fijo del NDE, por ejemplo 50% o 75%, estos porcentajes por precaución se establecen bajos. Puede cambiar constantemente con cambios en el NDE.
2. UE Descriptivos: en este tipo de umbrales se hace una descripción del crecimiento de la población, la necesidad y el momento de realizar algún tipo de control y se basa en un aumento de las tasas de daño en el futuro. Si

estas proyecciones indican que el daño es mayor al NDE, entonces se hace algún tipo de control.

3. UE Dicótomos: en estos se clasifica la población de plaga como económica o no económica, de acuerdo al muestro en el tiempo.

En la figura 1, se observan las fases de la curva de nivel de daño económico (NDE). En el eje X se encuentra la medida de daño y en el eje Y se ubica la variable del cultivo evaluada (puede ser producción del cultivo). La curva inicia con una fase de tolerancia por parte de la planta, respecto el rendimiento potencial del cultivo, en la cual no se reportan perdidas por unidad de daño (Pedigo y Higley 1996).

En algunos casos el estrés generado por la plaga puede dar resultados favorables a la variable evaluada, este fenómeno, se conoce como sobrecompensación. La fase de linealidad, es donde se presenta un mayor daño en el cultivo o la máxima pérdida por unidad de daño, por esta razón el umbral de daño económico (UE), se ubica antes de esta fase. Posteriormente se ubica la fase de desaceleración y la insensibilidad, donde el daño generado al cultivo es tal, que ninguna táctica de control es efectiva para disminuir el daño en el mismo (Pedigo y y Higley, 1996).

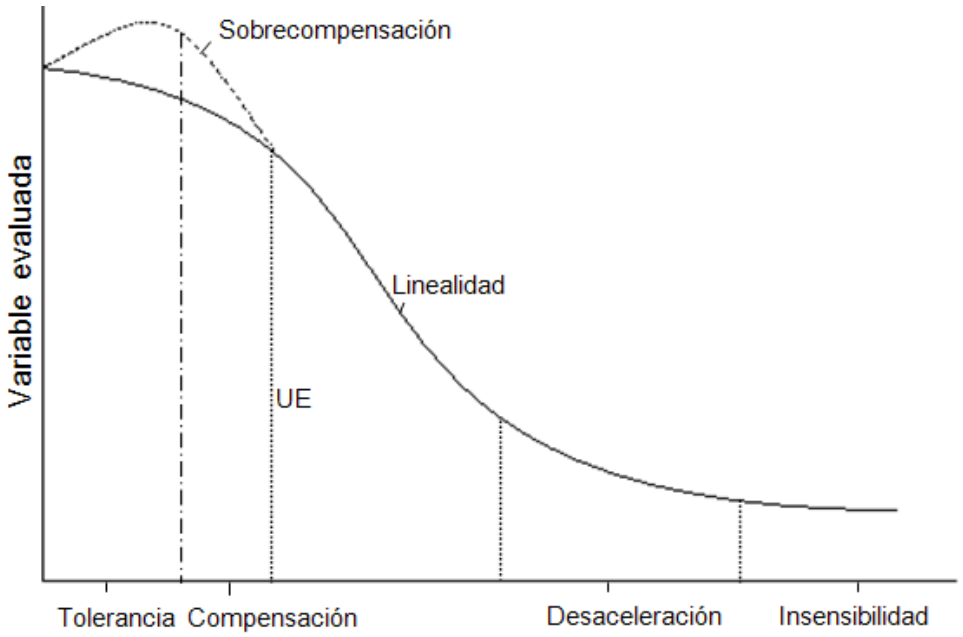

Figura 1. Curva de nivel de daño económico (NDE). Figura adaptada de Pedigo y Higley, (1996).

El umbral económico (UE) se ha establecido para algunas plagas en diferentes cultivos. En un cultivo comercial de tomate ubicado en la región del alto Ricaurte (Boyacá-Colombia) se determinó la correlación entre los estados maduros e inmaduros del cogollero del tomate, *T. absoluta* (Wanumen y Rojas, 2008; Castañeda y Pinzón, 2007), esta información permite estimar la densidad de la población del cogollero. Sin embargo, el daño causado por dicha población no se ha establecido, razón por la cual, no se ha determinado el momento preciso para implementar algún tipo de control en estas condiciones.

Por lo anterior, es importante determinar el efecto que el cogollero del tomate ejerce sobre el rendimiento del cultivo en condiciones comerciales bajo invernadero, con el fin de establecer el NDE de la plaga en la región. Al conocer esta información, es posible establecer criterios de decisión propios para la región de Boyacá y conocer el momento apropiado para ejercer algún tipo de control sobre la plaga. Una opción para evaluar este nivel de daño es la implementación de

umbrales de acción, otro criterio de decisión empleado en la producción agrícola, es el costo-beneficio, por medio del cual se elige entre varios métodos de control y se tienen en cuenta las ganancias del agricultor (Dalva, 1989).

Actualmente, existen umbrales de acción para el cogollero del tomate, Polack y Mitidieri (2005), reportan que se deben hacer tratamientos de control, en el momento en que se encuentran dos foliolos de la planta con daño fresco, esto hace referencia a dos larvas vivas por planta. Sin embargo, este nivel es muy bajo comparado con estudios realizados por Cely (2006), quien reporta que en condiciones semicomerciales el daño económico inicia con 2 hembras ó 26 larvas por planta.

3.5. Efecto del parasitoide *Apanteles gelechiidivis* sobre *Tuta absoluta*

El efecto entre el endoparasitoide *A. gelechiidivoris* y la plaga *T. absoluta* se puede determinar a través de estudios de respuesta funcional, al comparar el potencial que tiene un organismo como controlador biológico.

De acuerdo a Gutiérrez (1996) existen tres tipos de respuestas funcionales (Fig 2):

- Respuesta funcional tipo I: La tasa de ataque del depredador incrementa de forma lineal con la densidad de la presa, hasta alcanzar un valor constante donde no hay más ataque. Un ejemplo de organismos con este comportamiento son los filtradores.

- Respuesta funcional tipo II: en este tipo de respuesta aparece el tiempo de manipulación (Th), en el cual se tiene en cuenta el tiempo dedicado a perseguir, dominar, consumir, digerir las presas y la preparación para la siguiente búsqueda. La tasa de consumo es un aumento desacelerado al aumentar la presa, hasta alcanzar un valor constante e independiente de la

densidad del hospedero (asintota). Ejemplos de este tipo de respuesta son depredadores invertebrados y parasitoides.

- Respuesta funcional tipo III: se observa una tasa de incremento del depredador lenta, que aumenta en función a la densidad del hospedero, se presenta un descenso en la curva cuando el depredador alcanza la tasa máxima de ataque (asintota).

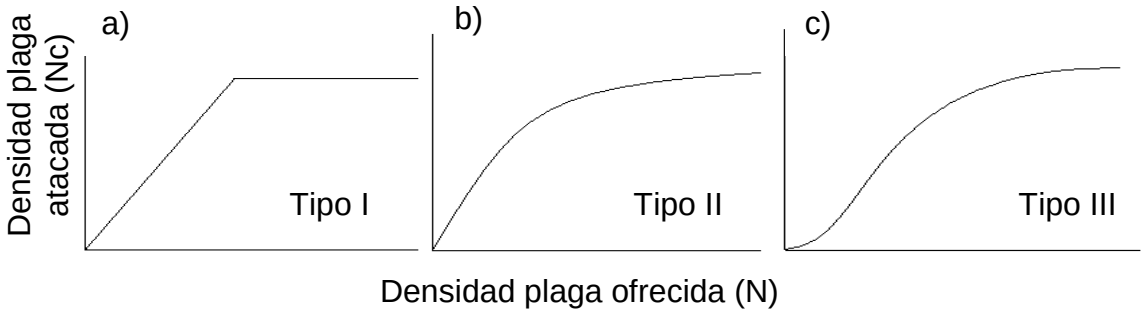

Figura 2. Respuesta funcional. a) Tipo I, b) Tipo II y c) Tipo III. Figura adaptada de Hassel, (1998).

Bajonero *et al*., (2008) determinaron la relación ente la tasa de del parasitoide y la temperatura en el cual se encuentra (fig. 3). Utilizaron tres temperaturas (14, 20 y 26ºC) y seis densidades de la plaga (5, 10, 20, 40, 80 y 160). En todos los casos se presento una respuesta funcional tipo II, la tasa de búsqueda fue menor en la temperatura de 14ºC (0.37), intermedia en la temperatura de 20ºC (0.41) y mayor en la temperatura de 26ºC (0.51).

En el mismo estudio, se determinó la respuesta funcional en condiciones de laboratorio, donde a una temperatura constante de 20ºC, fue mayor la eficiencia de parasitación, se observó una relación de 1:12 (hembra de *A. gelechidivoris*: larvas de tercer instar de *T. absoluta*).

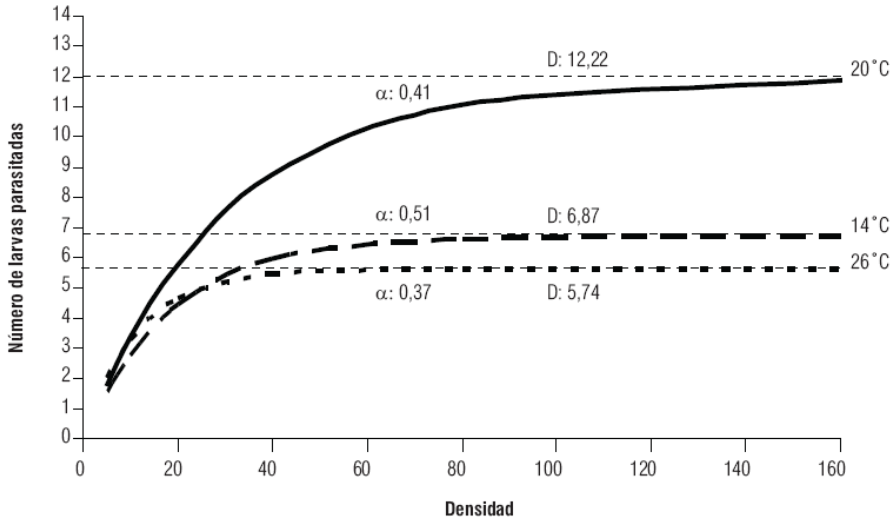

Figura 3. Respuesta funcional de *Apanteles gelechiidivoris* sobre larvas de *Tuta absoluta* en condiciones de laboratorio. Tomado de Bajonero *et al*., (2008).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Características del área de estudio

El presente estudio se realizó en un cultivo comercial de tomate (*L. esculentum*), ubicado en el municipio de Villa de Leyva (Boyacá-Colombia). Zona ubicada a 2.143 msnm, la cual presenta una temperatura promedio entre 17ºC - 18ºC. El estudio se llevó a cabo entre Enero del 2009 y Julio del 2010.

El invernadero utilizado presenta un área de 3.600 m^2, distribuidos en siete naves, con una capacidad de siembra total de 9.000 plantas de tomate. En este caso se sembraron plántulas de la variedad Torrano. Para conocer las condiciones en las que se desarrollaron las plantas de tomate, se utilizó un sensor de temperatura y

humedad relativa tipo Hobo. Las plantas usadas en los ensayos recibieron manejo agronómico, igual a las demás plantas comerciales del invernadero.

4.2. Fase A

Esta fase se estableció con el fin de determinar el nivel de daño ocasionado por la plaga en condiciones comerciales y conocer la densidad de infestación máxima que puede ser soportada por la planta, que permita una correcta toma de decisión para implementar una estrategia de control en el cultivo.

4.2.1. Selección del material biológico

Los adultos de la plaga (*T. absoluta*) se obtuvieron del pie de cría del Laboratorio de Control Biológico localizado en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada, en el municipio de Cajicá (Cundinamarca), fueron colectados por medio de una bomba de vacío, la cual consiste en extraer insectos de un medio a otro, lo que genera un vacío parcial (proceso que se realiza a una velocidad constante), el fin de esta bomba es un recipiente colector (fig. 5a). Con el objetivo de disminuir la actividad de movimiento y poder realizar una segunda aspiración, dirigida específicamente a la selección de las hembras (fig. 4), los adultos se llevaron a refrigeración por un periodo de un minuto.

Figura 4. Detalle dimorfismo sexual de adultos de la plaga *Tuta absoluta*.

Los insectos fueron colocados en recipientes plásticos de acuerdo a los tratamientos (2, 4, 6, 8 y 10 hembras), en cada recipiente se coloco un macho por cada dos hembras, de igual forma se adicionó un copo de algodón impregnado con una solución de agua-miel. Para evitar el escape de los insectos, se coloco un cierre con velo (fig. 5b). Estas condiciones permitieron el transporte de los individuos hasta el lugar de experimentación.

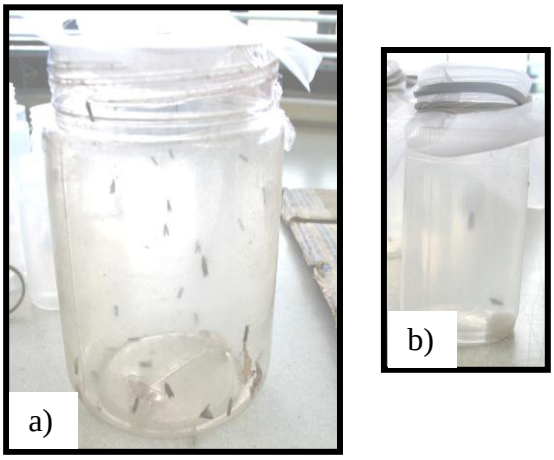

Figura 5. a) Recipiente recolector de la bomba de vacío. b) Recipiente de transporte a campo.

4.2.2. Diseño experimental

Dentro de una jaula entomológica con 2 metros de alto, 1 metro de ancho y 1 metro de profundidad, fue ubicada una planta de tomate con seis semanas después de la siembra, este montaje se utilizó como unidad experimental (Fig. 6).

Figura 6. Unidad experimental empleada en un cultivo comercial.

Fueron evaluadas las densidades de infestación: 0, 2, 4, 6, 8 y 10 hembras de *T. absoluta* con tres días de emergencia. Estas densidades de infestación, fueron seleccionadas por estudios previos realizados por Cely (2006) en condiciones semicomerciales bajo invernadero (Cajicá, Cundinamarca).

Cada uno de los seis tratamientos (densidad de infestación) presentó tres repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales. Las cuales fueron ubicadas en el invernadero de forma aleatoria, conformando un diseño completo al azar.

4.2.3. Registro de variables

4.2.3.1 Efecto de poblaciones de *Tuta absoluta* sobre parámetros económicos del cultivo

Semanalmente se tomaron variables de la planta y de la plaga. De la primera se registró la longitud, número de hojas, número de racimos florales, número de flores por racimo, número de frutos, de igual forma se selecciono una hoja de cada tercio de la planta para medir su largo y ancho. De la plaga, se registro el número de

larvas de cada instar presentes en la planta y el número de larvas que ocasionan pérdidas económicas por perforaciones en los frutos, daño estético. Esto último se determino con la disección de los frutos perforados.

4.2.3.2. Cosecha y selección de frutos

La cosecha de frutos se realizó de forma manual, de acuerdo a la escala de maduración propuesta por Castro *et al*., (2009), fueron cosechados frutos en estado 3 y 4 de maduración. La clasificación de los frutos de acuerdo al diámetro ecuatorial fue: categoría extra (frutos sanos con diámetro mayor a 6 cm.), de primera (frutos sanos con diámetro entre 4 y 6 cm.), de segunda (frutos sanos o con daño superficial, con diámetro entre 3 y 4 cm.) y de tercera (frutos con diámetro menor a 3 cm). De forma individual y cada semana, se registró el diámetro polar y ecuatorial de los frutos, al igual que el peso fresco de cada uno de estos.

4.2.4. Análisis de datos

Para determinar el nivel de daño en cada tratamiento, se identificó la relación de respuesta de los tratamientos (plantas de tomate infestadas con las diferentes densidades de la plaga), con cada una de las variables registradas. Esto, con el fin de identificar una fase de linealidad descrita por Pedigo y Higley (1996).

4.3. Fase B

Se identificó la densidad de liberación del endoparasitoide *A. gelechiidivoris* capaz de controlar las poblaciones del cogollero del tomate, que puedan ser encontradas en cultivos comerciales, sin que se vea afectada la productividad del cultivo.

4.3.1. Selección del material biológico

Las larvas de tercer instar de desarrollo de la plaga, fueron obtenidos del pie de cría del laboratorio de control biológico en el Campus de la Universidad Militar

Nueva Granada, ubicado en Cajica, Colombia. Se transportaron en cajas plásticas, cuyo interior tenía una hoja de tomate fresca hidratada por medio de un acuapin con agua y solución floral.

Los adultos del parasitoide fueron obtenidos del pie de cría del laboratorio de control biológico de la misma universidad, por medio de un aspirador bucal se seleccionaron hembras con menos de tres días de emergencia, tiempo donde se encuentra su mayor tasa de oviposición (Escobar *et al*., 2005). Posteriormente fueron transportados en recipientes plásticos con una solución de agua-miel.

4.3.2. Diseño experimental

Se utilizó como unidad experimental una planta de tomate con seis semanas después del transplante, dentro de una jaula entomológica con dimensiones 2 metros de alto, 1 metro de ancho y 1 metro de profundidad. Las unidades experimentales fueron ubicadas en el invernadero de forma aleatoria, formando un diseño completo al azar (fig. 7).

Figura 7. Diseño completo al azar de las unidades experimentales en el invernadero.

4.3.3. Infestación artificial con *Tuta absoluta*

Para garantizar las proporciones de las larvas ofrecidas al controlador y establecer la efectividad de parasitoide *A. gelechididoris* en campo, se realizó una infestación

manual de la plaga sobre las plantas da cada unidad experimental. Las larvas a trabajar se retiraron de los recipientes plásticos utilizados para el transporte y se ubicaron sobre las hojas de las plantas del cultivo. Con el fin de garantizar la entrada de la larva a la hoja, se esperó un tiempo prudencial hasta que iniciaron la perforación de la epidermis foliar. Los tratamientos (densidades de infestación) fueron 0, 3, 6, 9, 12 y 15 larvas de tercer instar del cogollero del tomate, instar con preferencia por parte del controlador (Escobar *et al*., 2005).

4.3.4. Parasitación con *Apanteles gelechiidivoris*

De acuerdo a la capacidad de carga de la planta y respecto la densidad de larvas de la plaga (resultados fase A). Se evaluaron seis tratamientos con diferentes proporciones entre el parasitoide y la plaga 0:0 (control), 1:3, 1:6, 1:9, 1:12 y 1:15. Se permitió el desarrollo de los individuos desde huevo hasta pupa, en este estado de desarrollo se transportaron los individuos al laboratorio.

4.3.5. Evaluación de parámetros económicos del cultivo

Semanalmente se tomaron variables de la planta y de la plaga. De la primera se registró longitud, número de hojas, número de racimos florales, número de flores por racimo y número de frutos. Para las variables de la plaga, se tuvo en cuenta el número de larvas que ocasionan pérdidas económicas por perforaciones en los frutos. Para la cosecha y selección de frutos, se empleó la misma metodología que en la fase A.

4.3.6. Efectividad del control de *Apanteles gelechiidivoris* sobre población de *Tuta absoluta*

Respecto las proporciones evaluadas, se registró el número de larvas de la plaga controladas por el parasitoide *A. gelechiidivoris* en condiciones comerciales. Para ello, se tuvieron en cuenta los modelos aplicables en la respuesta funcional. Primero se estableció que tipo de respuesta funcional que presento *A.*

gelechiidivoris en campo, esto por medio de una regresión logística donde la proporción del número de presas controladas (N/c) y la densidad de presas ofrecida (N), si esta proporción aumenta con el número de presas ofrecidas, se considera una respuesta tipo III, de lo contrario es considerada una respuesta funcional tipo II.

Existen modelos que permiten estimar la respuesta funcional específicamente para parasitoides. Rogers, (1972) establece un modelo de respuesta funcional tipo II donde se tiene en cuenta que el ataque de los parasitoides es diferente al ataque de los depredadores, razón por la cual fue necesario emplear la ecuación:

$$Na= Nt [1 - exp \{ - a' T Pt / (1 + a' Th N t)\}]$$

Donde:
Na: es considerado número de larvas controladas.
Nt: corresponde a la densidad de larvas ofrecidas.
a': es la tasa instantánea de búsqueda.
T: es el periodo de tiempo en horas que están expuestos parasitoide y larvas
Pt: es el número de parasitoides liberados.
Th: es el tiempo de manipulación estimado en horas.

La estimación de los parámetros de tasa intrínseca de búsqueda (a') y tiempo de manipulación (Th) fueron calculados por medio del programa R versión 2.9.1, mientras que la eficiencia de búsqueda (E) o porcentaje de parasitación del depredador fue calculada utilizando la ecuación:

$$E= Nc / No *100$$

Donde Nc es el número de larvas controladas y No el número inicial de presas.

4.3.7. Consideraciones para la toma de decisión con el fin de maximizar el control de *Tuta* absoluta por medio de liberaciones del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris.*

Para la toma de decisión del control biológico de *T. absoluta* o cogollero del tomate, con el parasitoide *A. gelechiidivoris*, se integraron la densidad de la plaga, el momento de control de ésta y la relación entre la plaga y el parasitoide que presento mayor control.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La distribución de huevos se concentro en la parte apical de las plantas, dato que coincide con trabajos de Torres *et al*., (2002), quienes reportan este comportamiento, cuando la planta se encuentra cercana a la fructificación de los primeros racimos.

El desarrollo de las larvas se observó siempre en la misma zona, sin embargo, con el desarrollo fenológico de la planta, el tercio apical pasa a ser catalogado como tercio medio y bajo (según el tiempo). Aunque se presentaron casos donde larvas salen de la mina inicial, caminan en la superficie de las hojas y posteriormente realizaban una segunda y tercera mina, no fue observado un movimiento drástico de las larvas entre los tercios de la planta.

Las larvas atacaron el cogollo consumiéndolo en su totalidad. Esta pérdida del punto de crecimiento original, afecta directamente la altura final de la planta. Lo que genera plantas más pequeñas cuando se encuentran altas densidades de la plaga (fig. 8). Por esta razón, el tratamiento donde se liberaron 10 hembras, presento una altura menor (1 metro), respecto las otras densidades evaluadas.

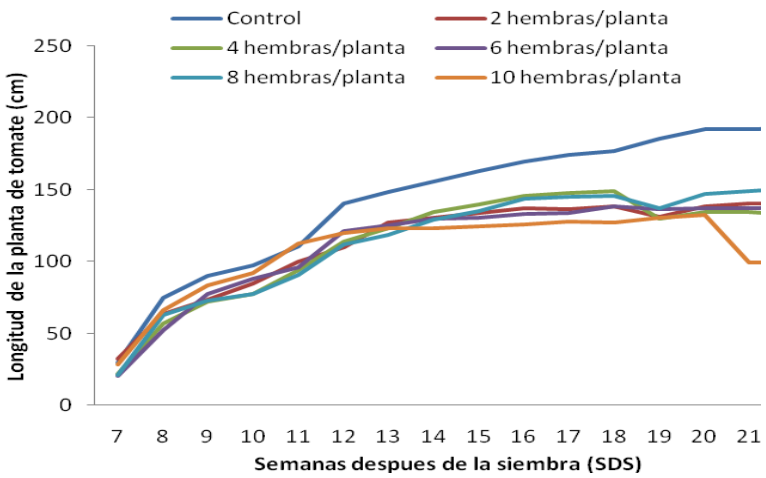

Figura 8. Relación de la longitud de las plantas de tomate, respecto la densidad de larvas de *Tuta absoluta*, a través del tiempo.

Las plantas sometidas a un mayor estrés o mayor nivel de daño, presentaron alta tasa de recuperación. La respuesta por parte de la planta a este estrés (perdida de punto de crecimiento apical), fue la formación de un segundo punto de crecimiento, dicho crecimiento es tardío, lo que genera una disminución en la longitud de la planta, esta disminución significa la pérdida de hasta tres racimos florales, por tanto tres racimos de producción, al comparar la densidad de 10 hembras/planta con la densidad de 6 hembras/planta (mayor altura).

Se estableció la relación del número de larvas de la plaga que corresponde al número de hembras liberadas en campo (Tabla 1), para estimar su efecto en los parámetros comerciales y económicos de la producción.

Tabla 1. Número de hembras y larvas de *Tuta absoluta*/tratamiento	
Hembras liberadas	Número de larvas Generadas
0	0
2	7
4	15
6	20
8	30
10	> 40

Uno de los factores más importantes en el rendimiento del cultivo y por tanto en la comercialización del producto, es el número de frutos (fig. 9). En este estudio se observó la tendencia del número de frutos, respecto la cantidad de larvas presentes en cada tratamiento. La ecuación ajustada para esta variable es:

$$y = -1{,}752x + 20{,}13$$

Adicionalmente este comportamiento está relacionado directamente con la altura de la planta y el número de racimos de producción. Aunque el estudio reportado por Cely (2006) en condiciones semicomerciales, no se presenta un modelo lineal, esta tendencia en el número de frutos respecto el número de larvas, concuerda con nuestros resultados.

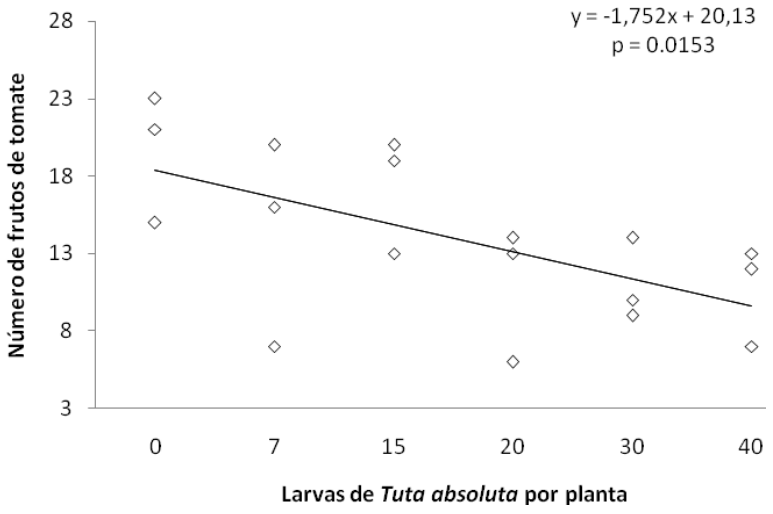

Figura 9. Número de frutos cosechados por la planta, respecto el número de larvas. R^2=0.723.

Se observó el mismo comportamiento respecto el número de racimos, a mayor densidad de plaga, mayor estrés, menor altura y por tanto menor número de racimos (fig. 10). Tener menos racimos de producción, altera el número de frutos por planta drásticamente (fig. 14), lo que afecta la producción total y por tanto el rendimiento general del cultivo.

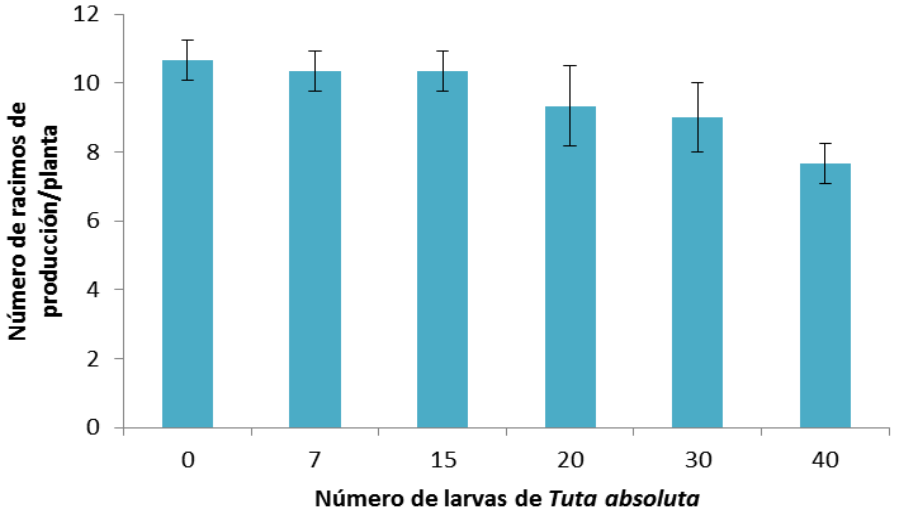

Figura 10. Número de racimos de producción/planta, respecto el número de larvas de la plaga *Tuta absoluta*.

Aunque el número de frutos por planta es un factor importante en el cultivo de tomate, se encuentran otro tipo de indicadores al evaluar el rendimiento de la planta. Trabajos realizados por Caffarini *et al*., (1999) reportan que el área foliar de la planta y las minas causadas por las larvas, no son buenos indicadores del daño causado por *T. absoluta* y por tanto del rendimiento de la planta, por esta razón fue necesario establecer otros criterios de calidad de los frutos cosechados.

Otros factores que afectan la comercializacion del producto fresco son el tamaño de los frutos cosechados (diametro polar y ecuatorial) (fig.11) y el peso de los mismos (fig. 12). Razón por la cual, son los criterios tomados para establecer la calidad del fruto en este estudio.

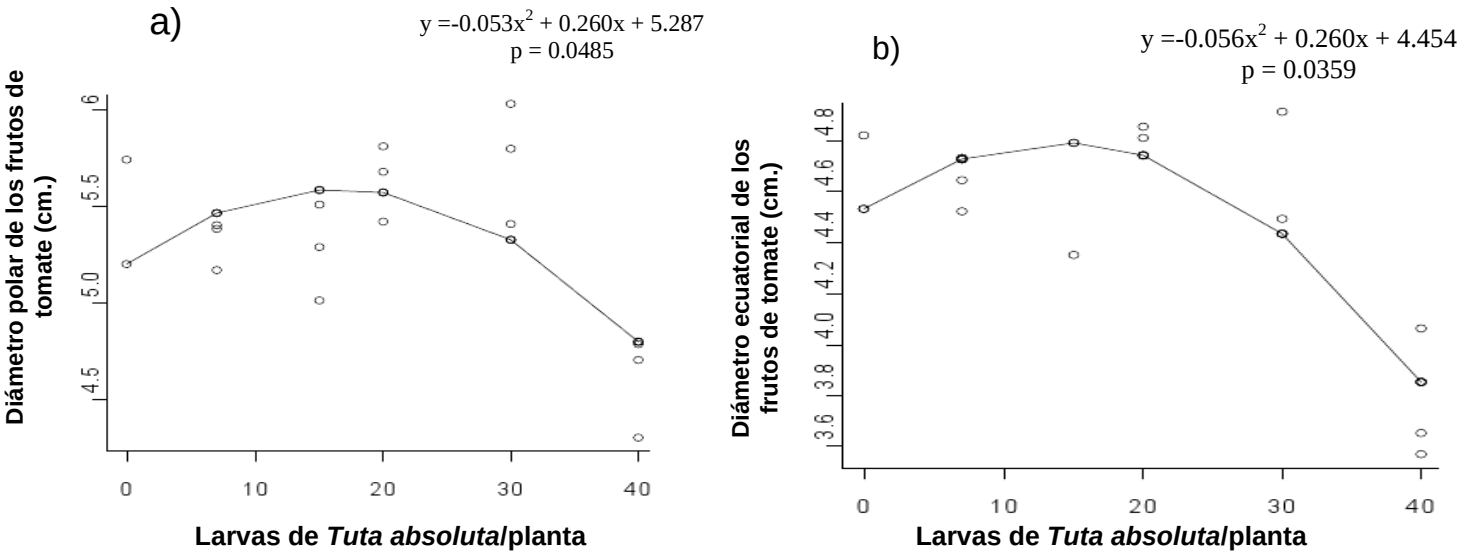

Figura 11. Clasificación comercial de los frutos, respecto a) diametro polar R^2=0.3156 y b) diametro ecuatorial de los frutos cosechados R^2=0.683 según el número de larvas presentes en la planta.

Para las densidades de 0, 7, 15 y 20 larvas/planta, se observo un crecimiento normal del tamaño de los frutos descrito por Casierra-Posada *et al*., (2007). Inicialmente se presenta un crecimiento lento en las primeras etapas del desarrollo,

posteriormente un aumento acelerado en el diámetro polar y ecuatorial, este proceso finaliza con un crecimiento lento, casi nulo de los frutos. Sin embargo, en las densidades mayores (30 y 40 larvas/planta) la cosecha no alcanzo el tamaño ideal, lo que se atribuye al estrés generado por la plaga, razón por la cual, el crecimiento acelerado de los frutos no fue observado, de lo que se obtiene un tamaño reducido de los frutos cosechados (fig. 11).

Como se dijo anteriormente, uno de los factores de mayor importancia para el agricultor es el peso que obtiene en cada cosecha, pues es el que determina el valor final de la venta. Al evaluar el peso de los frutos cosechados (fig. 12), se observa un efecto directo con el número de larvas presentes en la planta, puesto que disminuye al aumentar la densidad de *T. absoluta* en la planta.

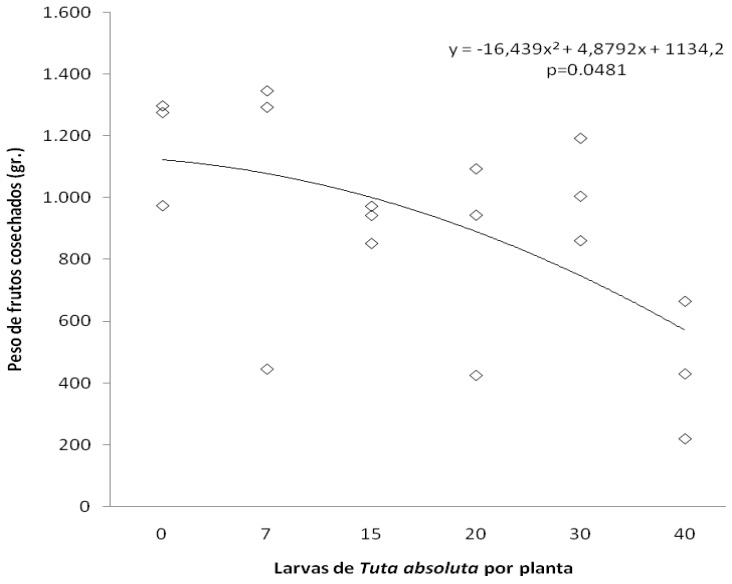

Figura 12. Peso de los frutos cosechados R^2=0,679 según el número de larvas presentes en la planta.

De igual forma, se encontraron restricciones propias de la plaga, lo que limita la comercialización del fruto, este es el caso de la perforación de los tomates por parte de larvas de la plaga (fig. 13), proceso considerado como daño estético. En el estudio realizado por Caffarini *et al*., (1999), se observo perforación en frutos hasta

del 37% sin que se vea afectada el área foliar, lo que demuestra que la calidad del fruto disminuye, mientras que el daño en hojas producido por las larvas de la plaga, no es representativo y por tanto es necesario establecer otros criterios. Es importante resaltar que el porcentaje de daño estético reportado por estos autores, fue reportado con bajas densidades de la plaga.

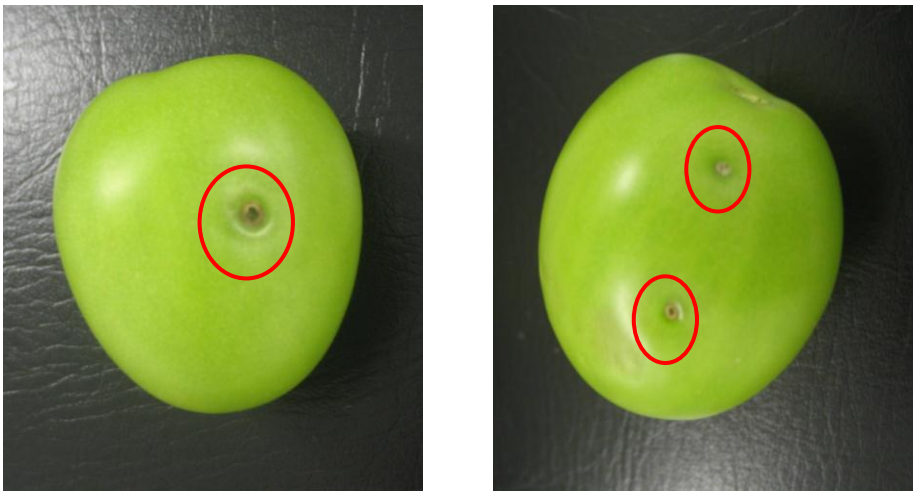

Figura 13. Frutos de tomate con daño estético causado por perforaciones de larvas de *Tuta absoluta*.

El 100% del daño estético o perforación de frutos, se observo cuando estos se encontraron en llenado de fruto o inicio del proceso de maduración (coloración verde o escala 1 de maduración, Castro *et al*., 2009), dato que concuerda con resultados de Dughetti (1993), quien reporta que el ataque a los frutos inicia en este momento y el daño puede llegar a la perforación del 81% de los frutos a cosechar.

Este parámetro se presentó en todas las densidades evaluadas (fig. 14), lo que sugiere el número de larvas presentes en la planta, no tiene relación directa con la perforación de los frutos. Cabe resaltar que a partir de la densidad de 20 larvas/planta el daño estético estuvo cerca de siete frutos, lo que equivale al 17% de la producción, mientras que el tratamiento de 40 larvas/planta alcanzó perdidas

hasta del 30% con la perforación de 12 tomates. De acuerdo a estudios de Bojacá *et al*., (2009), este valor hace referencia a la pérdida total de tres racimos de la planta.

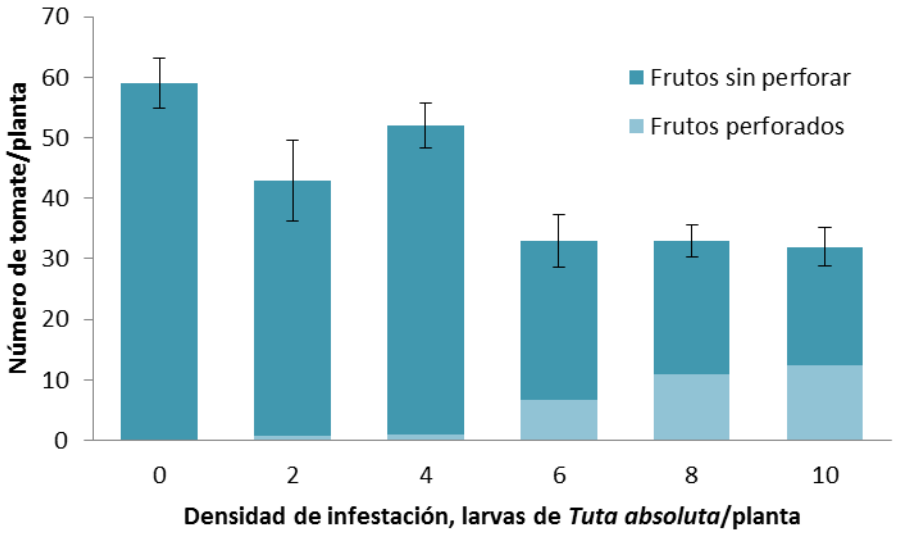

Figura 14. Número de frutos recolectados y perforados por la planta, respecto el número de larvas de la plaga *Tuta absoluta*.

Se observo una relación entre los frutos perforados y la ubicación de las larvas en la planta. Por tanto, las perforaciones de frutos son independientes de la densidad de las larvas, mientras que son dependientes de la ubicación de estas. Cuando las larvas se encuentran cerca al racimo de producción, se presenta la perforación de estos frutos.

Torres *et al*., (2001), reportan que esta plaga en estado de pupa se puede encontrar en las hojas, en la parte apical de la planta y en los frutos. Esta última ubicación fue la única que no se evidencio en nuestro trabajo. Sin embargo es un factor de vital importancia para el cultivo de tomate. Características como la ubicación en los frutos y la baja mortalidad en este estado de desarrollo (Miranda *et al*., 1998), la ubican como plaga de importancia económica, no solo por el daño mencionado anteriormente, sino también por su potencial de plaga cuarentenaria, estatus en el que es considerada en Estados Unidos (Estay, 2000).

Para evidenciar el control ejercido por el parasitoide *A. gelechiidivoris*, sobre las larvas del cogollero del tomate (Fase B), fue necesario hacer el conteo de larvas parasitadas (Nc).

Pasados los conteos semanales de los individuos dentro de las unidades experimentales, se evidencio un desarrollo total de estos transcurridos quince días de la liberación de la hembra del parasitoide. En este tiempo, se observó de forma evidente la nueva generación de avispas en estado pupa. Tiempo que coincide con trabajos realizados por el laboratorio de Control Biológico de la UMNG, donde se reporta una duración del desarrollo de *A. gelechiidivoris* entre huevo y pupa de 16.2 +/- 0.3 a una temperatura de 26°C y una duración de 14.2 +/- 0.3 a una temperatura de 32°C (Bajonero *et al*., 2008), la temperatura promedio trabajada en este estudio fue de 25 ºC.

Sin embargo, también fueron observados estados inmaduros de la plaga en este estado de desarrollo. Es clara la diferencia de los estadios de pupa entre la plaga y su controlador, el tamaño, color, forma y ubicación en la planta, facilito el conteo de larvas controladas y no controladas. En la figura 15, se observan las pupas de cada uno de los especímenes como fueron encontrados en la planta. Todas las pupas del parasitoide, dentro de un capullo el cual estaba adherido a la hoja de la planta de tomate, mientras que las pupas de la plaga no presentaron capullo y su extracción fue directa.

Figura 15. Comparacion de las pupas del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* y la plaga *Tuta absoluta*.

Respecto la efectividad del parasitoide *A. gelechiidivoris* sobre la población de la plaga *T. absoluta*. Se registró el número de larvas de la plaga controladas con el fin de establecer el tipo de respuesta funcional del parasitodide en condiciones de campo. Después de verificar la relación del número de larvas ofrecidas (N), respecto el número de larvas controladas (Nc), se estableció una respuesta funcional tipo II, dato que concuerda con reportes de Bajonero *et al*., (2008).

Al conocer el tipo de respuesta funcional II, se evaluó un modelo específico para parasitoides (Rogers, 1972), razón por la cual fue necesario emplear la ecuación:

$$Na= Nt [1 - exp \{- a' T Pt / (1 + a' Th Nt)\}]$$

Donde, Na es el número de larvas controladas, Nt es la densidad de larvas ofrecidas, a' es la tasa instantánea de búsqueda, T es el periodo de tiempo en horas que están expuestos las larvas al parasitoide, Pt es el número de parasitoides liberados y Th es el tiempo de manipulación estimado en horas.

Bajo condiciones comerciales en Villa de Leyva, cuya temperatura promedio fue 25°C, el tiempo de manipulación (Th) de *A. gelechidivoris* fue de 0.074 y la tasa de búsqueda (a') de 0.67 (fig. 16). Se puede inferir que a altas densidades

poblacionales, la probabilidad de ataque por parte del parasitoide es menor. Razon por la cual, la liberacion de avispas debe ser empleada como control preventivo.

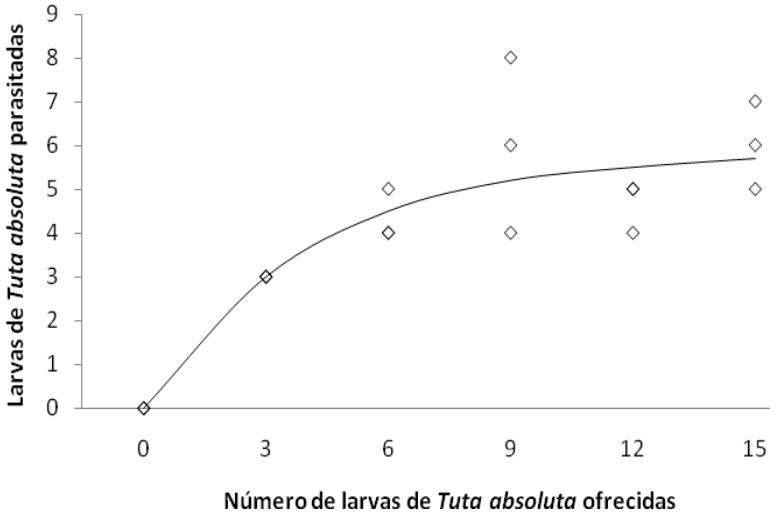

Figura 16. Relacion entre larvas de tercer instar de la plaga *Tuta absoluta* ofrecidas, respecto las larvas controladas por *Apanteles gelechiidivoris*.

La eficiencia de búsqueda (E, porcentaje de control) del parasitoide fue calculada con la ecuación:

$$E = Na / No * 100$$

Donde Na es el número de larvas controladas y No el número de larvas ofrecidas.

Tabla 2. Eficiencia de búsqueda del parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* para el control de larvas de *Tuta absoluta* en condiciones comerciales

Larvas de tercer instar de *T. absoluta* ofrecidas (N)	Larvas de tercer instar de *T. absoluta* controladas (Na)	Eficiencia de búsqueda (%)
3	3,0	100
6	4,3	72
9	6,0	67
12	4,7	39
15	6,0	40

El estudio estuvo sometido a temperaturas cercanas a 25ºC, en estas condiciones se presento una rápida parasitación, hasta una densidad de oferta entre tres y nueve larvas, pasada esta ultima densidad se obtuvo la estabilización de la respuesta en seis larvas de la plaga, lo que nos lleva a concluir un maximo parasitismo encontrado fue de sies larvas de tercer instar por cada hembra del parasitoide liberada, cabe resaltar que el parasitoide es capaz de parasitar todos los instares larvales de *T. absoluta*, sin embargo su preferencia es hacia el tercer instar de desarrollo larval (Escobar *et al*., 2005).

De igual forma se determinó que a menor densidad de la plaga es mayor la eficiencia del parasitoide para su control. Al emplear una respuesta funcional de 1:6 para con control de larvas de la plaga *T. absoluta*, se presenta un control cercano al 72%. Dato que concuerda con estudios de Aguilar *et al*., (2010), quienes establecieron la eficiencia del parasitoide *A. gelechiidivoris* en condiciones comerciales de 70%.

De acuerdo al comportamiento observado por la planta respecto la densidad de larvas del cogollero del tomate, es posible establecer el nivel de daño y posteriormente los criterios de decisión generados por la plaga en el cultivo. Estos criterios, dependen directamente de la fenología del cultivo y su asociación con la densidad de la plaga. Se relaciono el valor del peso de la cosecha y el valor de su comercialización (tabla 3). Esta última se presento cuando el kilo del producto se encontraba en $900. Respecto este valor, se realizó la curva del NDE de cada uno de las densidades evaluadas de la plaga *T. absoluta* en todo el invernadero (9.000 plantas). Es importante aclarar, que los datos de producción, dependen de la variedad del tomate.

Los valores empleados para el cálculo del costo de control en este estudio fueron:

1. Aplicación de insumos agrícolas: de acuerdo a categoría toxicológica
2. Liberación de hembra del parasitoide *A. gelechiidivoris*: $200 unidad
3. Monitoreo directo e indirecto: $6.600 unidad y Mano de obra: $10.000 día

Tabla 3. Costo de control para la plaga *Tuta absoluta* respecto aplicaciones de insumos químicos y liberación de hembras de *Apanteles gelechiidivoris*

Densidad de larvas de *Tuta absoluta*	Producción en el cultivo (gr)	Valor de la producción (peso colombiano)	Costo de control biológico
0	11.032.650	$ 9.929.385	$ 678.400
7	7.723.890	$ 6.951.501	$ 2.778.400
15	4.949.190	$ 4.454.271	$ 5.178.400
20	9.220.050	$ 8.298.045	$ 6.678.400
30	8.420.400	$ 7.578.360	$ 9.678.400
40	4.712.850	$ 4.241.565	$ 12.678.400

La curva de NDE obtenida en este estudio (fig. 17), no presento un comportamiento característico (fig. 1). Sin embargo, al relacionar el costo de la estrategia evaluada (control biológico), se puede determinar que el punto crítico, donde se debe tomar una decisión de control, en la densidad de siete larvas/planta. Punto donde se encuentra el umbral de daño económico del cogollero de la plaga.

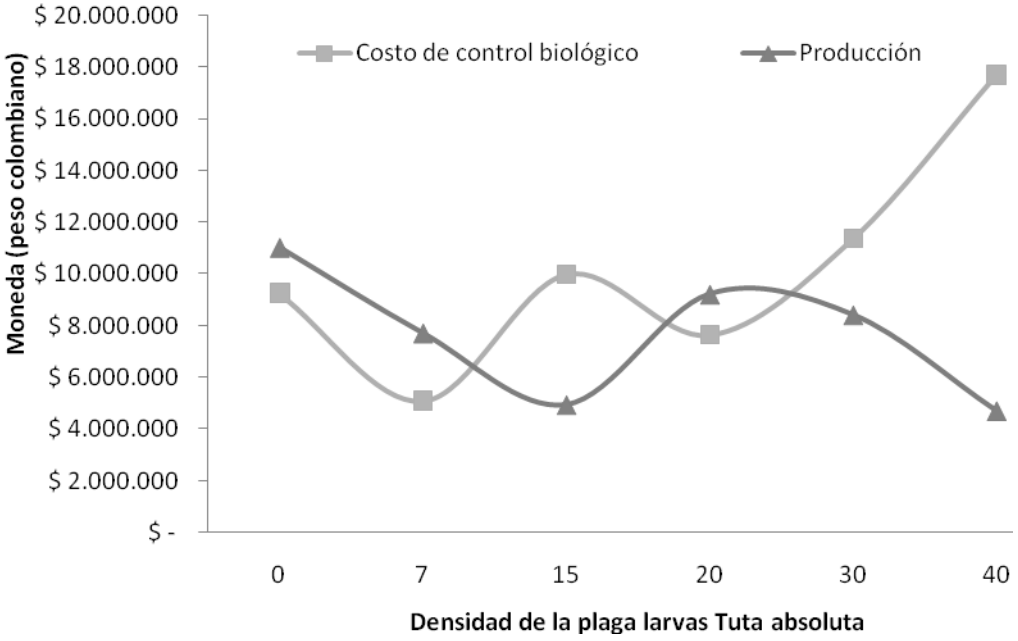

Figura 17. Curva de nivel de daño económico de *Tuta absoluta* en condiciones comerciales.

Es importante resaltar que el control biológico tiene un costo mayor que otros tipos de manejo a corto plazo, si las poblaciones se establecen en el cultivo el valor del control biológico, será notablemente reducido. De igual forma se emplea el umbral de daño y se tiene en cuenta el modo de acción de los parasitoides (Bajonero *et al*., 2008).

Implementación del control biológico con el parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* para el control de *Tuta absoluta*

Con el objetivo de acceder al mundo competitivo de las exportaciones y cumplir con las exigencias generadas por el mercado internacional, el cual requiere una producción de alimentos limpia (EPA, 2010), se han evaluado nuevas estrategias de control entre las que se encuentra el control biológico.

En el caso del control biológico de *T. absoluta* en condiciones comerciales, se recomienda seguir los siguientes pasos para maximizar el control de la plaga:

1. Determinar la densidad de la plaga dentro del cultivo de tomate. La UMNG ha estandarizado este muestreo tanto directo como indirecto (Castañeda y Pinzón, 2007).
2. Si la población plaga se encuentra en un nivel menor a siete larvas por planta, se debe continuar con su monitoreo. Si esta población supera siete larvas por planta, se debe tomar la decisión de liberar hembras del parasitoide *A. gelechidivoris*.
3. La proporción de hembras del parasitoide/hospedero a trabajar dentro del cultivo debe ser 1:6.

6. CONCLUSIONES

La calidad del tomate fresco disminuye a partir de 7 larvas/planta, tanto en tamaño como en peso. El daño estético, se presentó cuando el fruto se encontraba en el inicio del proceso de maduración, estas perforaciones son independientes de la densidad de las larvas, mientras que son dependientes de su ubicación en la planta.

La pérdida económica generada por la plaga *Tuta absoluta*, de mayor importancia en el cultivo fue la longitud de las plantas, lo que conlleva a la perdida de tres racimos de producción. Perforaciones en frutos (daño estético) y tamaños de los mismos.

Para un control eficiente en cultivos comerciales bajo invernadero (Villa de Leyva, Boyacá-Colombia), es necesario ejercer un manejo del cogollero del tomate, cuando la densidad de la plaga esta cerca de las 7 larvas/planta.

En condiciones comerciales, para el control biológico de la plaga *T. absoluta* con el parasitoide *A. gelechiidicoris*, se debe emplear una proporción de 1:6 por cada planta que presente dicha densidad de la plaga.

8. LITERATURA CITADA

1. AGRONET, 2011. Análisis y estadísticas, Área y producción agrícola y pecuaria. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx

2. AGUILAR M., Cantor F., Cure J., Rodríguez D., Bajonero J., Pérez D., Riaño D. 2010. Integración de conocimientos y tecnologías de polinización y control biológico. Universidad Militar Nueva Granada. UMNG. 19 p.

3. ARAYA J. y Salazar E. 2001. Respuesta de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick), a insecticidas en Arica Chile. Revista Agricultura Técnica. Vol.: 61 (4).

4. ARNÓ J., Sorribas R., Prat M., Matas M., Pozo C., Rodríguez D., Garreta A., Gómez A. y Gabarra R. 2009. Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate. OILB, Bulletin Vol 49:203-208.

5. ATTYGALLE A., Jham G., Svatos A., Frighetto R., Ferrara F., Vilela E., Uchoa M., Meinwald J. 1996. (3E, 8Z, 11 z)-3,8,11-Tetradecatrienyl Acetate, Major sex pheromone component of tomato pest *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Bioorganic and medical chemistry Vol. 4(3): 305-314. Brasil.

6. BAJONERO J., Córdoba N., Cantor F., Rodríguez D. y Cure J. 2008. Biología y ciclo reproductivo de *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Agronomía Colombiana 26(3), 417-426.

7. BARRIETOS Z., Aplabaza H., Norero S. y Estay P. 1998. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, Tuta absoluta (Lepidoptera:Gelechiidae). Ciencia e Investigación Agraria, 25:133-137.

8. BOGORNI P., Adaime da Silva R y Silva G. 2003. Consumo de mesofilo foliar por *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera: Gelechiidae) em três cultivares de *Lycopersicon esculentum* Mill. Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.1, p.7-11.

9. BOJACÁ C. R., Luque N. y Monsalve O. 2009. Análisis de la productividad del tomate en invernadero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. v.3, n.2, p. 188-198.

10. BURNETT T. 1949. The effect of temperatura en an insect host –parasite population. Ecology. Vol 30 (2): 112-134.

11. CAFFARINI F., Folcia M., Panzardi S., y Pérez A. 1999. Incidencia de bajos niveles de daño foliar de *Tuta absoluta* (Meyrick) en tomate Bol. San. Veg Plagas, 25: 75-78.

12. CAMARGO G., Haj-isa N. y Queiroz M. 2007. Avaliaçao da quialidade de tomate seco em conserva. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.11, n.5, p.521–526.

13. CAMPOS D. 2001. Avispas parasíticas de la familia Braconidae (Hymenoptera) en Colombia: Diversidad genérica y distribución geográfica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá (Colombia), p: 60.

14. CANO P., Moreno A., Márquez C., Rodríguez N. y Martínez V. 2004. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. México.

15. CASACA A. 2005. El cultivo del tomate. Proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola. Promosta. 16 p.

16. CASEIRRA-POSADA F., Cardozo M. y Cárdenas-Hernández J. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. Agronomía Colombiana 25(2):299-305.

17. CASTAÑEDA B. y Pinzón J. 2007. Desarrollo de un plan de muestreo indirecto de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) con el uso de feromona sexual en un cultivo de tomate bajo invernadero. Trabajo de grado. Programa de Biología Aplicada, Facultad de ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia.

18. CASTRO K., Restrepo M., Taborda G. y Quintero G. 2009. Intensidad de los sabores básicos del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en seis estados de madurez. Facultad de ciencias agropecuarias. Vol 7 (1): 23-28.

19. CELY L. 2006. Determinación de niveles de daño ocasionados por diferentes densidades de población de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en tomate bajo invernadero. Tesis de Maestría. Maestría en Biología Aplicada, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

20. CHÁVEZ C., Valenzuela M., Villaneda E., Sánchez G., Hio J. 2007. Manejo del riego y la fertilización en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá. Manual técnico. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica. 88p.

21. CORPEÑO B. 2004. Manual del cultivo de tomate. IDEA. Centro de inversión, desarrollo y exportación de agronegocios. San Salvador, El Salvador.

22. DALVA, M. 1989. Estimación de niveles de daño económico para *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) (Lepidoptera: Gelechiidae) en dos etapas fonológica del cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill). Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

23. DELLA, Teresina M. C., Vilela E. 2001. Feromônios de insetos, Biologia, química e emprego no manejo de pragas. Segunda edição. Holos editora. Capítulos 1: Introdução aos semioquímicos e terminologia. Capitulo 2: Biodinâmica dos feromônios. Capitulo 7: Identificação, síntese e identificação do feromônio sexual de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae).

24. DE VIS R., Fuentes L., Escobar H., Lee R. 2001. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. pp 59-90. En: Producción de tomate bajo invernadero. Centro de investigaciones y asesorías agroindustriales. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia.

25. DRIESCHE R., Hoddle M. y Center T. 2007. Proteger los enemigos naturales de los plaguicidas. 391-408. En: Control de plagas y malezas por enemigos naturales. USA.

26. DUGHETTI A. 1993. Trabajos preliminares sobre la incidencia de daño y programas de control químico de la polilla del tomate en el cinturion verde del Gran Buenos Aires. Resumenes del XVI Congreso Argentino de Horticultura.

27. ENZ M. y Dachler Ch. 1998. Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida. BBA, BSA, IGZ, IVA, AgrEvo, BASF, Bayer y Novartis.

28. Environmental Protection Agenci. EPA. 2011. Disponible en: http://www.epa.gov/lawsregs/sectors/agriculture.html

29. ESCOBAR A., Cantor F., Cure J. R. 2005. Contribución al conocimiento de la Biología de *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae). Revista Facultad de Ciencias Básicas. Vol 1 (1). Universidad Militar Nueva Granada. Colombia.

30. ESTAY P. 2000. Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Informativo la platina Nº 9. Instituto de investigaciones agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.

31. FAO, 2011. Producción de productos alimentarios y agrícolas, estadísticas. Disponible en: http://faostat.fao.org/site/339/defailt.aspx

32. FERNANDEZ-Arhex y Corley. 2004. La respuesta funciona: una revisión y guía experimental. Asociación Argentina de Ecologia, Ecologia Austral 14: 83-93.

33. FERNÁNDEZ S. y Montagne A. 1990. Biología del minador del tomate, *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Bol. Entomol. Venez. N. S. 5(12): 89-99. Venezuela.

34. FERRARA F., Vilela E. Jham G., Eirás A., Picanço M., Attygalle A., Svatos A., Frighetto R., and Meindwald J. 2001. Evaluation of the synthetic major component of the sex

pheromone of *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). Journal of Chemical Ecology, Vol. 27(5).

35. FOLLET P. y Vick K. 2002. Desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas para eliminar las barreras sanitarias que restringen la exportación de productos agrícolas. Manejo integrado de plagas y Agroecologia (Costa Rica). N.65: 43-49.

36. FRANCE A., Gerding M., Rodríguez M. 2006. Selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el Control de Huevos de la Polilla del Tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Agricultura Técnica. Vol: 66 (2): 151-158.

37. GARCÍA, F. 2002. Manejo Biológico de Plagas en Tomate. En: Control Biológico Componente Fundamental del Manejo Integrado de Plagas en una Agricultura Sostenible. Editado por: López, A. Memorias I Curso taller internacional. Segunda Edición. Bogotá.

38. GIUSTOLIN T., Postali J., Vendramim J. 2002. Número de ínstares larvais de *Tuta absoluta* (Meyrick) em genótipos de tomateiro. Revista Científica Agrícola. Vol. 59 (2): 393-396.

39. GOYKOVIC V. y Saavedra del Real G. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. Agronómic Vas. lduem 2a, Nº 3, pp: 47-4578. Chile.

40. GUTIERREZ, A. 1996. Applied Population Ecology: A Supply-Demand Approach. Andrew Paul Gutierrez. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY. 300

41. HASSEL, M. 1988. Teorias de la interacción presa-depredador. En: Dinámica de la competencia y la depredación. Oikos-tau. España.

42. LACASA A. y Contreras, J. 1995. El cultivo de Tomate. Nuez, F. (editor). Mundi prensa. Madrid - España. pp: 401 – 461

43. LINARES, 2004. El cultivo de Tomate en invernadero. (PROCEDE) la Secretaría de la Reforma Agraria.

44. LÓPEZ-ÁVILA A. 2002. Control biológico componente fundamental del manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible. Corpoica, Ed. Promedios. Colombia. pp. 167-169.

45. LOPES C. e De Avila A. 2005. Doenças do Tomateiro. Embrapa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil.

46. LUNA M., Sanchez N. and Pereyra P. 2006. Parasitism of *Tuta absoluta* (Lepidoptera:Gelechidae) by *Pseudoapanteles dignos* (Hymenoptera: Braconidae) under laboratory conditions. Entomological Society of America 36 (4):887-893.

47. MICHEREFF M., Vilela E., Attygalle A., Meinwald J., Svatos A. and Gulb J. 2000. Field trapping of tomato moth *Tuta absoluta* with pheromone traps. Journal of Chemical Ecology. Vol. 26 (4).

48. MIRANDA M.; Picancëo M.; Zanuncio J. C.; Guedes R. 1998. Ecological Life Table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Biocontrol Science and Technology. Vol. 8. p.p 597-606.

49. MOLLÁ O. Monton H., Vanaclocha P., Beitia F. y Urbaneja A. 2009. Predation by the mirids Nesidiocoris tenuis and *Macrolophus pygmaeus* on the tomato borer *Tuta absoluta*. Integrated control in protected crops, Mediterranean climate. OILB. Bulletin Vol.49:209-124.

50. MOLLÁ O. y Gonzales-Cabrera J. 2011. The combined use of *Bacillus thuringiensis* and *Nesidiocoris tenuis* against the tomato borer *Tuta absoluta.* BioControl 56: 883-891.

51. MONSERRAT A. La polilla del tomate, *Tuta absoluta* en la región de Murcia: bases para su control. Ed. Consejería de Agricultura y agua. Murcia España.

52. MORALES J. y Muñoz L. 2008. Acción combinada de feromona sexual y avispas del genero *Apanteles* sp. para el monitoreo y control de *Tuta absoluta*. Trabajo de grado.

Programa de Biología Aplicada. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

53. PAREDES A. 2009. Cultivo del tomate en invernadero. Cundinamarca-Colombia. Corpoica. 54 p.

54. PEDIGO L. y Higley L. 1996. Integrated pest managment. Lincoln. University of Nebraska Press. USA. p. 3 - 40.

55. PEDIGO L. y Rice M. 2006. Entomology and Pest Management. Fifth Edition. Pearson/Prentice Hall Upper Saddle River. New Jersey. Columbus Ohio pp:259-264.

56. PINHEIRO A. 1999. Avaliação de componentes do sistema de monitoramento para *Tuta absoluta* (Meyrick). Tesis de Maestria. Maestria em entomologia. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, Brasil.

57. PEREYRA P. y Sánchez N. 2006. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotropical Entomology. 35(5):671-676.

58. POLACK, LA y Brambilla, RJ. 2000. Evaluación de un sistema de manejo integrado de la polilla del tomate en un cultivo de Ttomate Cherry bajo invernadero. En XXIII Congreso Argentino de Horticultura. ASAHo. Mendoza.

59. POLACK L. y Mitidieri, M. (ex aequo) 2005. Producción de tomate diferenciado. Protocolo preliminar de manejo integrado de plagas y enfermedades. EEA San Pedro, INTA. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/pdf/protocolo_manejo_de_plagas_tomate_2005.pdf

60. PRATISSOLI D. e Parra J. 2001. Seleção de Linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera:Trichogrammatidae) para o Controle das Traças *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotropical Entomology 30(2): 277-282.

61. RETUERTO R., Rodríguez-Roiloa, S., Fernández-Lema, B. y Obeso, J.R., 2003. Respuestas compensatorias de plantas en situaciones de estrés. Ecosistemas. Año XII, Nº1.
http//www.aeet.org/ecosistemas/031/investigacion4.htm

62. RODRÍGUEZ M., Gerding M. y France A. 2006. Entomopathogenic fungi isolates selection for egg control of tomato moth, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs Agricultura técnica - 66 (2).

63. Rogers D. 1972. Random search and insect population models. J. Animal Ecol. 43, 368-383.

64. SANTIAGO J., Mendoza M. y Borrego F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, MILL) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. Agronomía mesoamericana 9(1): 59-65.

65. SALVO, A. y Valladares G. 2007. Leafminer parasitoids and pest management. Cien. Inv. Agr. 34(3):125-142. Tese de Doutor. Universidade de Sao Paulo. Esatado de Sao Paulo, Brasil.

66. SALAS, J. 2007. Presencia de *Phthorimaea operculella* y *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), capturados en trampas con feromonas, en cultivos de tomate en Quíbor, Venezuela. Bioagro. 19 (3), p. 143-147.

67. SILVA U. 2004. Busca de substâncias de *Trichilia pallida* e *Trichilia pallens* (Meliaceae) com atividade sobre a traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.;Gelechiidae)

68. STERN V., Smith R., Van Den B. y Hagen K. S. 1959 The integrated control concept. Hilgardia 29, 81-101.

69. SUINAGA F., Picanço M., Jham G., Brommonschenkel S. 1999. Causas químicas de resistencia de *Lycopersicon peruvianum* (L.) a *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). An. Soc. Entomol. Bras. Vol.: 28 (2).

70. TORRES J., FARIA C., EVANGELISTA JR. W. y PRATISSOLI D. 2001. Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. INTERNATIONAL JOURNAL OF PEST MANAGEMENT, 47(3) 173±178

71. TORRES J., Evangelista Jr. W., Barras R. y Guedes R. 2002. Dispersal of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) nymphs preying on tomato leafminer: effect of predator release time, density and satiation level J. Appl. Ent. 126, 326–332.

72. UCHOA M. 1992. Comportamento da traça do tomateiro *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidóptera: Gelechidae) e emprego de armadilhas com feromonio natural para monitore no campo. Teses de Maestria. Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

73. URBAÑEJA A., Vencher R., Navarro V., Garcia Marí F y Porcuna J. 2007. La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. PHYTOMA. España 194: 16-23.

74. VALLEJO C. y Salazar E. 2004. Producción de Hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Cali - Colombia.

75. VÉLEZ R. 1997. *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick). En: Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: Bionomía y manejo integrado. pp 379-387. Universidad de Antioquia. Colombia.

76. WANUMEN A. y Rojas V. 2008. Análisis de la dinámica poblacional de larvas y adultos de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Glechiidae) (Meyrick), en un cultivo comercial de tomate bajo invernadero. Tesis de Maestría. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.