

2 **Perspectivas de control biológico del insecto plaga *Tuta absoluta*** 3 **(Lepidóptera: Gelechiidae) en producción de tomate en Colombia**

4

5 Cenaida Bernal Roldán¹, Luis Alejandro Arias Rodríguez².

6 ¹ Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Maestría en
7 Ciencias Ambientales. Carrera 4 N° 22-61, Bogotá D.C., Colombia.

8 ² Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programas de Ciencias
9 Marinas y Ambientales. Carrera 4 N° 22-61, Bogotá D.C., Colombia.

10 **Resumen**

11 *Tuta absoluta* (L.) (Lepidóptera: Gelechiidae) es uno de los insectos plaga que afecta principalmente
12 cultivos de solanáceas como: tomate, papa, berenjena, pimentón, entre otros. El bajo rendimiento del
13 cultivo del tomate se debe principalmente al manejo de esta plaga, por su ciclo de vida y dado que afecta
14 varios órganos de la planta. Actualmente el cultivo de tomate en Colombia demanda gran cantidad de
15 agroquímicos, generando un alto porcentaje de los costos de producción, los cuales son usados por los
16 agricultores de una manera excesiva causando serios disturbios al medio ambiente y a la salud de los
17 consumidores. Se ha encontrado que en países como: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador,
18 Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela y Colombia, el insecto plaga ocasiona pérdidas en cultivos de
19 tomate bajo invernadero y campo, que van desde el 40 al 100 %, lo cual afecta el rendimiento comercial.
20 Por estas razones, es necesario encontrar alternativas de control racionales como el control biológico, para
21 favorecer la sostenibilidad del sistema, y la eficiencia económica. En esta revisión se presentan las
22 posibilidades de uso para el control de *T. absoluta*, con base en investigaciones realizadas en ensayos
23 biológicos, tanto en condiciones controladas, semi-controladas y en campo, sumado a la percepción de
24 una comunidad de agricultores específica, sobre la posible implementación de estas medidas alternativas
25 de manejo.

26 Palabras clave: *Beauveria bassiana*, *Trichogramma sp*, bioinsumo.

27 **Abstract**

28 *Tuta absoluta* (L.) (Lepidóptera: Gelechiidae) is a devastating pest that affects plants from the Solanaceae
29 family such as tomato, potato, eggplant among others. The pest has been found to significantly damage
30 various parts of the tomato plant due to its life cycle and unique biology. Tomato production has been
31 particularly affected due to the high costs involved in managing the pest. In Colombia, tomato farmers
32 have been using elevated quantities of insecticides to protect the crop. This has resulted in higher
33 production cost, environmental damage and health concerns on consumers. It has been found that in
34 countries such as Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Ecuador, Paraguay, Peru, Uruguay, Venezuela y
35 Colombia, the pest has generated losses in tomato crops to both green house and open-field that go from
36 40 to 100% which has negatively impacted the overall production of tomato The overall research
37 indicates that there is an urgent need for developing sustainable management methods for controlling the
38 pest. This document revises potential management methods based on biological control programs. The
39 review research was completed in controlled conditions, semi-controlled conditions and open-field. These
40 recommendations may help the implementation of management tactic that could directly benefit farmers.

41 Key words: *Beauveria bassiana*, *Trichogramma* sp, biointake.

42

43 **Introducción**

44 El tomate de mesa *Solanum lycopersicum* es una planta que pertenece a la familia de las solanáceas,
45 género *Solanum* del cual se derivan un buen número de especies, variedades e híbridos (DANE, 2014).
46 Dentro de las solanáceas se tienen varios cultivos importantes en la agricultura como: papa, berenjena,
47 pimentón, uchuva, y otras.

48 En 2016, Según la FAO, la producción mundial de tomate en fresco fue de 177'042.359 toneladas en
49 4'782.753 hectáreas, en China 56.423.811 toneladas en 1'003.992 hectáreas, en la India 18'399.000
50 toneladas en 760.000 ha, en Estados Unidos 13'038.410 toneladas en 144.410 hectáreas, en Europa
51 24'169.570 toneladas en 494.993 hectáreas, en América del sur 7'091.138 ton en 136.588 ha. Mientras
52 en Colombia, la producción de tomate en el 2016 fue 294.000 toneladas y en el 2017 fue de 347.976
53 toneladas 13.000 hectáreas (Agronet, 2017).

54 La producción de esta solanácea está restringida por el aspecto fitosanitario, ya que el tomate presenta
55 varios insectos plaga, como *Tuta absoluta*, tierreros y trozadores, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) y *Spodoptera*
56 *frugiperda*, áfidos o pulgones, *Aphis gossypii*, minadores de la hoja, *Liriomyza* sp; mosca blanca,
57 *Trialeurodes vaporariorum*, cucarrones perforadores de las hojas, *Epitrix* sp; gusanos masticadores del

58 follaje, *Trichoplusia ni*, perforadores del fruto *Heliothis virescens*, *Neoleucinodes elegantalis*; entre otros
59 (DANE, 2014).

60 La plaga más representativa en el cultivo del tomate es el pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis*,
61 importante en las solanáceas: hortalizas y frutas, en Colombia (Secretaría de Agricultura y Pesca del
62 Valle SAPV, 2007), Brasil (Blackmer, 2001) y Venezuela (Marcano, 1991), mientras que en zonas con
63 temperatura media, Monserrat, 2009, considera a *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae),
64 como la segunda plaga más importante en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum*), lepidóptero que mina el
65 follaje y los tallos de la planta, ataca las hojas jóvenes, las ramas y además perfora las flores y los frutos,
66 lo que ocasiona una disminución en el potencial productivo del tomate. Por lo que los investigadores
67 continúan estudios para evaluar estrategias diferentes al uso de insecticidas en el manejo de *T. absoluta*,
68 entre las cuales se destaca el uso de parasitoides de huevos y larvas como *Trichogramma pretiosum*
69 (Riley) y *Apantelessp*, respectivamente (De Vis et al., 2001; García., 2002).

70 En Suramérica, *T. absoluta* produce pérdidas en cultivos de tomate bajo invernadero y campo, que van
71 desde el 50 al 100 %, lo cual afecta el rendimiento comercial, ya que el daño principal es ocasionado a los
72 frutos (Cely et al., 2010; Morales et al., 2013). Desde el punto de vista de sanidad vegetal, el empleo
73 excesivo de plaguicidas de síntesis química y su aplicación tipo calendario, rompen el equilibrio
74 biológico y destruyen los insectos benéficos, así como también muchas de las especies de insectos plaga,
75 de importancia secundaria, se tornan primarias ante la presión de plaguicidas (Jaramillo et al., 2007;
76 Corpoica-FAO, 2017).

77 Dentro de los insecticidas de síntesis química que se utilizan para el control de *T. absoluta* se tienen
78 insecticidas sistémicos (clorantropilol, metaflumizone, azadiractina), emamectina que es un insecticida
79 no sistémico que penetra en los tejidos foliares por el movimiento translaminar, spinosad que actúa por
80 ingestión y contacto, entre otros. Productos que por su aplicación continua y exagerada en el cultivo del
81 tomate, producen resistencia en *T. absoluta*, y la degradación del medio; en el suelo, en el agua,
82 toxicidad en el producto que consumen las personas, en los mismos agricultores que aplican el insecticida
83 químico (Bojacá et al., 2013; Arias et al., 2014).

84 Por lo tanto, dentro del Manejo Integrado de Plagas (MIP), que tiene en cuenta el control cultural,
85 etológico, físico, químico y biológico; se pretende utilizar un manejo alternativo, como son los
86 controladores biológicos, para tener una producción sostenible y menos perjudicial con el medio y la
87 salud humana. El control biológico es una acción combinada de los ambientes biótico y abiótico, que
88 mantiene las poblaciones a un nivel de equilibrio de daño económico. Este control se basa en la acción de
89 los enemigos naturales; como parasitoides, depredadores y patógenos, que son capaces de mantener las
90 poblaciones de insectos plaga en niveles inferiores de los que tendrían en su ausencia.

91 Dentro del control biológico para *T. absoluta* se han evaluado en campo y bajo invernadero insectos y
92 microorganismos como: parasitoides como *T. pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)
93 controlador de huevos de Lepidóptera (Parra y Zucchi, 2004) y *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera:
94 Braconidae), endoparásitoide solitario, el cual puede ser importante para controlar infestaciones de larvas
95 de *T. absoluta* en cultivos comerciales de tomate (De Vis *et al.*, 2001). Morales *et al.*, 2013, determinaron
96 que el porcentaje de parasitismo presentado por *A. gelechiidivoris* fue de 86,38%. También se han
97 realizado ensayos utilizando el hongo antagónico *Bacillus thuringiensis*, e insectos como *Trichogramma*
98 *pretiosum* para el control de *Tuta absoluta* (Alarcón *et al.*, 2012). Rodríguez *et al.*, en el 2005,
99 evaluaron la efectividad de dos especies de hongos entomopatógenos comúnmente utilizados para el
100 control de *Tuta absoluta*: *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. La primera evaluación fue
101 mediante aplicación directa sobre las larvas observándose que ambas especies fueron patogénicas,
102 alcanzando mortalidades superiores al 90%. Si bien no se observaron diferencias en cuanto a la
103 patogenicidad entre los aislamientos, el cálculo de las concentraciones letales indicó que se necesita una
104 menor cantidad de inóculo de *B. bassiana* (104,4 y 10 7,6 conidias mL⁻¹) que de *M. anisopliae* (105,4 y
105 10 9,1 conidias mL⁻¹) para matar el 50 y 90% de la población de larvas. Shalaby *et al.* (2013) evaluaron
106 bajo condiciones de laboratorio la eficacia tres agentes entomopatógenos (*Bacillus thuringiensis* var.
107 *Kurstaki* (Btk); *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) sobre la polilla del tomate, en tres estados
108 larvales donde se concluyó que el efecto de los patógenos depende del estadio de la larva, resultando el
109 mayor porcentaje de mortalidad sobre la larva recién eclosada para los tres agentes evaluados.

110 En campo se ha registrado un control de larvas de *T. absoluta* de hasta un 70 % permitiendo la reducción
111 de insecticidas y control efectivo de la plaga (Escobar *et al.*, 2004). Igualmente se han estudiado bacterias
112 y hongos como controladores de *T. absoluta*, como *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana*.

113 Uno de los microorganismos que más se ha estudiado como controlador biológico para el insecto plaga
114 *T. absoluta* es el hongo *Beauveria bassiana*, que actúa en huevos y larvas, además tiene la ventaja que
115 los insectos del medio lo pueden diseminar, para que continúe su acción controladora. Es así como el
116 objetivo de la presente revisión es dar a conocer diferentes medidas de control biológico de *T. absoluta*,
117 así como la percepción local de esta temática, para sugerir acciones de manejo alternativo al uso de
118 agroquímicos sobre *T. absoluta*.

119 **Metodología**

120 La revisión bibliográfica se hizo teniendo en cuenta aproximadamente 80 artículos nacionales e
121 internacionales y documentos relacionados como tesis sobre control biológico del insecto plaga *T.*
122 *absoluta*, realizada tanto en campo como bajo invernadero. Para esta revisión se tuvo en cuenta las
123 plataformas de: Scopus, Science direct, Scielo Colombia, Latindex, Dialnet, Ecored, bdigital portal de

124 revistas UN, En ISI, Redalyc.org, Doaj, Biblioteke virtual, INIA biblioteca digital, Bioone, Florida
125 online journals, And Interdisciplinary Journal. Se recopiló información de los aspectos biológicos de
126 *Tuta absoluta*, el tipo de daño que causa en el cultivo del tomate e investigaciones realizadas sobre los
127 diferentes controladores de este insecto plaga. Por último se realizó y se aplicó una encuesta sobre control
128 biológico de plagas a 100 personas; dado que es fundamental la percepción de las comunidades locales,
129 sobre estas medidas teóricas consignadas en literatura científica, la encuesta se aplicó a los productores de
130 las veredas de San Rafael, el Trigo, Chiniata, y Pajonal del Municipio de Guayabal de Siquima, en el
131 departamento de Cundinamarca, Colombia. La encuesta constó de 12 preguntas y se aplicó a 100
132 personas de la zona, con el fin de obtener un panorama local del conocimiento sobre esta temática. De
133 cada una de las preguntas se obtuvo el porcentaje según las respuestas que dieron los agricultores y se
134 hizo la interpretación.

135 **Descripción de *Tuta absoluta***

136 El ciclo de vida de *Tuta absoluta* puede llegar a durar 40 días, que inicia con huevo, larva, pupa y
137 adulto. La larva pasa por cuatro instares cambiando su color de crema a verdoso (Vélez, 1997). *T.*
138 *absoluta* tiene generaciones continuas durante todo el año, puede alcanzar 9-10 generaciones al año en
139 cultivos al aire libre y 12 generaciones bajo invernadero, es decir, es una especie multivoltina, que se
140 alimenta de hojas y frutos, en los que cava galerías o minas, causando daños severos (Ramos, 2011).

141 *Tuta absoluta* es un microlepidóptero de entre 6 y 7 mm de tamaño, las hembras fecundadas llegan a
142 poner hasta 180-260 huevos a lo largo de varios días. El tamaño del huevo oscila entre 0,36 mm de largo
143 y 0,22 mm de diámetro, tiene una forma ovalada, inicialmente es de color amarillento, luego se torna
144 amarillo conforme se aproxima a la eclosión; cerca de esta adquiere una coloración oscura. Los huevos
145 eclosionan cinco a diez días después de la oviposición. (ECONEX, 2012).

146 Según Ramos y Juárez (2011), la larva de *T. absoluta* tiene cinco pares de pseudópodos o propatas,
147 presenta una cabeza oscura con una mancha lateral que se extiende desde los ocelos hasta el margen
148 posterior, carece de placa dorsal en el protórax; en su lugar tiene una banda oscura oblicua que no cubre
149 la línea media dorsal; presenta setas anteriores al espiráculo protorácico separadas en un grupo de dos,
150 mientras que la tercera está aislada junto al margen anterior del espiráculo y carece también de placa
151 basal. La larva penetra inmediatamente en la hoja y se alimenta del mesófilo; crece en un período entre 13
152 y 23 días, dependiendo de las condiciones ambientales (Montserrat et al., 2008)

153 Como plantean Ramos y Juárez (2011), las larvas de *T. absoluta* antes de formar la pupa pasan por
154 prepupa, período en que la larva deja de alimentarse y se prepara para dirigirse al suelo, donde se
155 introduce superficialmente, o a la parte aérea de la planta, en un capullo previamente construido, donde
156 alcanza el estado de pupa de un tamaño de 5 mm de longitud y 1 mm de ancho. La pupa recién formada

157 es verde y se torna a color café al avanzar el desarrollo y presenta dimorfismo sexual basado en la
158 ubicación de los poros genitales (Ramos; Juárez., 2011).

159 Los adultos son de hábitos nocturnos; la cópula se inicia después de la emergencia, y a los tres días la
160 hembra comienza a poner los huevos. El estado adulto se desarrolla en un período entre nueve y veintitrés
161 días (Ramos, 2011). Ambos sexos presentan las alas anteriores básicamente cenizas con matices que
162 varían de oscuro a gris, las alas posteriores color negruzco brillante, la cabeza, tórax y palpos de color
163 gris cenizo con tintes oscuros. Los adultos poseen antenas que son filiformes (en forma de collar) y
164 largas con anillos de colores, café claro y oscuro alternado, palpos maxilares vestigiales y palpos labiales
165 gruesos, aguzados, largos y vueltos hacia arriba. El abdomen es de color café cremoso, es más grueso en
166 las hembras que en los machos (Brambila et al., 2010).

167

168 **Descripción del daño causado por *T. absoluta***

169 El daño ocasionado por *T. absoluta* se infesta en las partes aéreas del tomate. Las larvas prefieren las
170 hojas y los tallos, pero pueden entrar fácilmente en los frutos, por ejemplo, por debajo del cáliz o en los
171 puntos de contacto con los brotes. La infestación puede causar la muerte de las hojas, así como la
172 malformación de la planta por la perforación de los tallos, la reducción de la capacidad fotosintética del
173 cultivo y pérdida de los frutos (Stol et al., 2009).

174 Las larvas se alimentan de tejido vegetal como hojas, ramas, brotes y frutos. En las hojas la larva
175 consume el mesófilo, dejando túneles que se observan fácilmente. Lo que ocasiona daños indirectos por
176 la acción de patógenos secundarios que se desarrollan en las galerías (Mora, 2016).

177 Las plantas de tomate pueden ser atacadas en cualquier etapa de desarrollo fenológico, ya sea plántulas o
178 en producción. En la mayoría de los casos, cuando las infestaciones son iniciales sólo pueden apreciarse
179 galerías en las hojas, en los brotes más tiernos, flores o frutos recién formados, si la densidad poblacional
180 es alta, se observan daños tanto en hojas como frutos jóvenes y tallos de forma simultánea, escapándose
181 los frutos más próximos a la maduración. Con el tiempo, estos también son afectados por larvas de tercer
182 y cuarto estadio que abandonan las galerías de las hojas y caen sobre los frutos (Mora, 2016).

183 Una característica importante que diferencia a *T. absoluta* de otros minadores es, que las larvas depositan
184 los excrementos en un solo extremo de la galería (Monserat, 2010). El daño en tallos y brotes es menor
185 que el daño ocasionado en hojas, y se origina en la inserción de las hojas o pedúnculos de los tomates,
186 aunque la larva prefiere los brotes de la parte apical de la planta. En los frutos verdes en los que se realiza
187 la oviposición, la larva se encuentra habitualmente por debajo o sobre el cáliz, posteriormente se
188 desplaza a otras zonas, y es difícil de observar a simple vista. Las larvas desarrolladas, provenientes de

189 otras partes de la planta, pueden penetrar por toda la superficie y en cualquier estado de madurez de los
190 frutos. Las galerías en el fruto son la fuente de entrada de hongos patógenos (Mora, 2016)

191 **Manejo de *Tuta absoluta***

192 Dentro de los cultivos de la familia de Solanáceae se encuentran; el tomate (*Solanum lycopersicum*), la
193 papa (*Solanum tuberosum*), berenjena (*Solanum melongena*), lulo (*Solanum quitoense*). Hortalizas y
194 frutas que se cultivan primordialmente en Europa, África, América. Siendo el tomate uno de los más
195 representativos, pero su producción se reduce debido a una plaga importante como es *T. absoluta*, plaga
196 que se ha hecho resistente a los insecticidas químicos como espinosad, indoxacarb (Wang *et al.*, 2013),
197 esto debido a su uso frecuente y cultivos permanentes en Suramérica, aspectos que hacen que la plaga se
198 mantenga siempre ocasionando daños al cultivo del tomate (Robredo *et al.*, 2008).

199 Para manejar la plaga *Tuta absoluta* en tomate, se deben combinar los diferentes tipos de control como el
200 control cultural, físico, etológico, químico, y el control biológico (Ruisánchez, 2013). Dentro de las
201 medidas de manejo en el control cultural de *Tuta absoluta* para el cultivo del tomate se tienen: la
202 destrucción adecuada de los residuos de cosecha, rotación de cultivos que no permitan el establecimiento
203 de la plaga, podas de formación, renovación, fitosanitaria y establecimiento (Wanumen *et al.*, 2011)

204 En el control físico se utilizan las trampas que pueden ser de color azul, amarillo y negro. También se
205 utilizan de luz, que se usa para hacer capturas masivas del microlepidóptero (Cáceres, 2007). Las
206 trampas cromotrópicas (colores) pueden ser franjas continuas o discontinuas de color azul, amarilla, o
207 negra con una banda adhesiva, que se colocan, en las zonas interiores periféricas del invernadero, a una
208 altura no superior a los 80 cm, a lo largo de todo el perímetro interior del invernadero de producción
209 (Monserrat, 2008). Biobest, 2015, ha desarrollado una trampa de color negro para *Tuta absoluta*, donde
210 encontró que las capturas en la trampa de color negro cuadruplicaban la del color amarillo y la trampa
211 azul fue incipiente.

212 En el control etológico se usan trampas de feromona sexual (Bajonero *et al.*, 2008). Para el control
213 químico de *Tuta absoluta* se utilizan insecticidas de síntesis química y en el control biológico se viene
214 trabajando con insectos y microorganismos como controladores del insecto plaga.

215 **Control biológico de *Tuta absoluta***

216 El control biológico es una forma de controlar el insecto plaga, empleando enemigos naturales como
217 parasitoides, depredadores y patógenos. Control que ha adquirido relevancia en el manejo de plagas
218 representativas en el cultivo del tomate, ya que se obtiene una producción inocua, también se reduce el
219 impacto ambiental debida a la aplicación de insecticidas de síntesis química, el producto agrícola queda

220 libre de residuos tóxicos y también los productores pueden aprender mucho más de este manejo y
221 pueden reconocer sus beneficios. El uso de controladores biológicos para el manejo de la plaga *Tuta*
222 *absoluta* trae ventajas en el costo, es menor que el control químico, actúa a largo plazo y permanece en el
223 cultivo, mientras que el control químico se hace de manera constante (Cabello et al., 2009). Por lo que se
224 sugiere un Manejo Integrado de Plagas, donde el control biológico es uno de los componentes más
225 importantes, controladores que pueden ser insectos, hongos, bacterias, virus, nematodos.

226 En Colombia el uso de controladores biológicos para la agricultura está respaldado por la Norma Técnica
227 Colombiana NTC 4422-2 de agosto de 2017, que trata los requisitos de los productos elaborados con
228 bacterias, virus, depredadores, parasitoides, con nematodos entomopatógenos juveniles infectivos.
229 Según el ICA, 2018, existen 196 empresas registradas ante el instituto, productoras de bioinsumos,
230 ubicadas en Antioquia, Cundinamarca, Bogotá, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Meta, Tolima, Huila,
231 Casanare, Cesar, Norte de Santander, Boyacá, Magdalena, y Santander.

232 El ICA, en Colombia, es la entidad encargada de regular y garantizar la calidad de los insumos agrícolas
233 y semillas que se usan en el país. Esta entidad, mediante resolución 000698 del 4 de enero de 2011,
234 estableció los requisitos para las pruebas de eficacia de bioplaguicidas, las cuales deben llevarse a cabo
235 por parte de los departamentos técnicos registrados ante esta entidad. En esta resolución están definidos
236 los requisitos para registrarse como departamento técnico y para desarrollar dichas pruebas, el artículo 8
237 especifica el trámite para realizar los ensayos de eficacia agronómica con miras a la obtención del
238 registro de un bioplaguicida (Resolución 000698, 2011).

239 Dentro de los microorganismos que están utilizando los investigadores para el control de *Tuta absoluta*
240 se encuentran: hongos, bacterias, virus y nematodos.

241 **Bacterias entomopatógenas**

242 Las bacterias entomopatógenas pueden poseer proteínas Cry que tiene actividad biológica contra insectos
243 plaga, presentando toxicidad contra larvas de insectos plaga de los órdenes Lepidóptera, Coleóptera y
244 Díptera. El modo de acción de las toxinas Cry ha sido descrito principalmente en lepidópteros. Este
245 proceso consta de varias etapas: solubilización de los cristales y el procesamiento de las protoxinas
246 (Sauka y Benintende, 2008). El complejo espora-cristal de Bt requiere ser ingerido por el insecto para que
247 lleve a cabo su efecto tóxico (Nicholls, 2008). Luego de que la larva ingiere las esporas y los cristales de
248 Bt, éstos viajan a lo largo del aparato digestivo de la larva, hasta llegar al intestino medio. Allí, los
249 cristales se solubilizan (Carballo et al., 2004a). 2) Procesamiento de las protoxinas Una vez disueltas las
250 proteínas cristalinas, éstas son liberadas en forma de protoxinas. Estos dos fenómenos traen consigo dos
251 consecuencias dañinas para el insecto. Por un lado al aumentar el pH de la hemolinfa, la conducción
252 nerviosa cesa y la larva se paraliza por completo, deja de alimentarse y la larva puede morir por inanición

253 después de 3-5 días. Por su parte Bravo y Soberón (2008) señalan además que la larva se torna flácida, su
254 tegumento pierde su brillo y se torna de color café. Así, cuando las condiciones de alcalinidad del
255 intestino medio tienden a la neutralidad con la entrada de la hemolinfa al lumen del intestino medio del
256 insecto, se crea un ambiente favorable para la germinación de las esporas ingeridas junto con los cristales,
257 iniciando la proliferación de las bacterias en el individuo paralizado, lo que puede provocar la muerte por
258 septicemia, lo que incrementa el efecto de las toxinas insecticidas (Ibarra, 2007; Nicholls, 2008). Esta
259 bacteria se maneja en productos comerciales como: Dipel, Xentari y Turilav (Izquierdo, 2011). Varios
260 estudios evidencian que pueden llegar a ser altamente efectivos contra *T. absoluta*. Por ejemplo Ramírez
261 et al. (2010) realizaron un bioensayo bajo condiciones controladas de laboratorio, donde evaluaron cinco
262 métodos para medir la toxicidad sobre larvas de *T. absoluta* de tres productos comerciales: Dipel, Xentari
263 y Turilav, todas formulaciones en base a Bt. Del estudio se concluyó que los tres productos en
264 concentración de 1,25 g/L causaron 80-100% de mortalidad entre los 2-8 días después de la aplicación.

265 **Hongos entomopatógenos**

266 Las fases que desarrollan los hongos entomopatógenos sobre sus hospedantes son la adhesión y
267 germinación de los conidios, formación de apresorios y estructuras de penetración, multiplicación y
268 reproducción del hongo (Monzón, 2001). El proceso infectivo se inicia cuando los conidios se adhieren a
269 la cutícula del insecto, gracias a las características físicas y químicas de las superficies de ambas.
270 Posteriormente, la conidia germina y se produce un tubo germinativo y un apresorio, con el cual el hongo
271 se fija a la cutícula y con el tubo germinativo (hifa de penetración) se da el ingreso al interior del cuerpo
272 del insecto (Pucheta et al., 2006).

273 Los hongos patógenos de insectos, llamados entomopatógenos, penetran, invaden y se multiplican dentro
274 de los insectos. Una característica de los hongos es que no requieren ser ingeridos por el insecto para
275 causar la enfermedad, ya que puede penetrar a través de su cutícula. Uno de los ejemplos de hongos
276 usados como controladores biológicos de insectos plaga es el hongo *Beauveria bassiana* y es la especie
277 de entomopatógeno comercialmente más utilizada alrededor del mundo (Góngora, 2009).

278 **Virus entomopatógenos**

279 Las familias de virus más utilizadas en el control de plagas son: Baculoviridae, que incluye virus de la
280 poliedrosis nuclear que ataca lepidópteros e himenópteros; Poxviridae, que ataca lepidópteros y
281 coleópteros; y Reoviridae, virus de la poliedrosis citoplasmática que ataca lepidópteros y dípteros (Badii
282 y Abreu, 2006). En los baculovirus (Baculoviridae) existen dos características insecticidas 1) sólo se han
283 aislado de especies del filo Arthropoda, mayoritariamente de la clase Insecta, lo cual representa un alto
284 grado de bioseguridad, tanto para los seres humanos y otros vertebrados, como para la vida silvestre en

285 general; y 2) tienen una elevada patogenicidad y virulencia para numerosas especies de insectos plaga
286 (Caballero y Williams, 2008).

287 Los grupos más destacados de virus son los nucleopoliedrovirus (NPV) y los granulovirus (GV)
288 (Martínez et al., 2012). Los GV son patógenos específicamente de insectos del orden Lepidóptera y
289 generalmente atacan solo a una o dos especies; mientras que los NPV han sido aislados de otros órdenes
290 como dípteros, e himenópteros, presentando de esta manera un mayor rango de hospederos (Valderrama y
291 Villamizar, 2013).

292 Baculovirus: Una vez que entran al insecto, éstos llegan al intestino medio de su hospedero, dónde se
293 degradan liberando viriones derivados de la oclusión (ODV), los cuales atraviesan la membrana
294 peritrófica a través de sus poros naturales y se unen a las microvellosidades del epitelio intestinal
295 mediante la fusión de sus membranas, permitiendo que las nucleocápsides contenidas en su interior sean
296 liberadas en el citoplasma y se dirigen al núcleo donde se inicia el primer ciclo de replicación o infección
297 primaria (Ojeda et al., 2002). Una vez replicado el material genético (ADN) y formadas las nuevas
298 nucleocápsides éstas salen del núcleo y son transportadas a la membrana celular, donde la atraviesan
299 formando los viriones brotados (BVs) (López et al., 2004). En el hemocele, los baculovirus llevan a cabo
300 la segunda fase del proceso infeccioso infectando las células de los órganos y tejidos por endocitosis. Las
301 nucleocápsides forman nuevamente BVs, favoreciendo la dispersión de la infección. Posteriormente se
302 liberan luego de la muerte y ruptura del tegumento del hospedante, contaminando así el follaje de las
303 plantas permitiendo de esta manera la transmisión horizontal de la infección cuando las larvas de insectos
304 ingieren alimento contaminado (Rohrmann, 2013). En las larvas infectadas con baculovirus normalmente
305 los síntomas aparecen después del tercer o cuarto día de la ingestión del virus (López et al. 2004).
306 También aparece un cambio gradual de color del integumento y el reblandecimiento del mismo, el cual
307 se torna blanquecino, se rompe, y libera un fluido blanco-grisáceo (Del Rincón–Castro, 2007). Previo a
308 la muerte, la larva se desplaza a la parte aérea de la planta donde muere colgada generalmente de las
309 propatas en una posición de V invertida (Martínez et al., 2012).

310 Moura et al. (2010) evaluaron la virulencia de una cepa de granulovirus, Phop GV aislada de la polilla de
311 la papa (*Phthorimaea operculella*) (Gelechiidae) sobre larvas de *T. absoluta*, concluyendo que la
312 mortalidad de las larvas era directamente proporcional a la concentración de patógenos. El porcentaje de
313 larvas infectadas recuperadas de las hojas de tomate aumentaron considerablemente en relación a las
314 concentraciones de virus, alcanzando el máximo valor (94,4%) a una concentración de $1,1 \times 10^7$
315 OBs/mL. Moura et al. (2010) señalan que, como efectos subletales, este granulovirus (PhopGV) retrasa
316 considerablemente el crecimiento de las larvas de *T. absoluta* a concentraciones de $1,1 \times 10^7$ y $5,5 \times 10^7$
317 OBs/mL. Teniendo en cuenta la lenta velocidad de acción de los baculovirus, las actuales investigaciones,

318 se han basado en la obtención de baculovirus recombinantes, los cuales se han modificado genéticamente
319 con el fin de lograr un incremento en su velocidad de acción. (Beas et al., 2014; Ojeda et al., 2002).

320 **Nematodos entomopatógenos**

321 De los nematodos más investigados nueve familias presentan especies con potencial como agentes de
322 control biológico: Tetradonematidae, Mermithidae, Phaenopsitylenchidae, Iotonchiidae,
323 Allantonematidae, Parasytylenchidae, Sphaerulariidae, Steinernematidae y Heterorhabditidae (López,
324 2004). Las más estudiadas son Steinernematidae y Heterorhabditidae, las cuales se caracterizan por tener
325 una relación mutualista con una bacteria simbiote que provee de alimento al nematodo y ayuda a matar
326 al insecto huésped (Nicholls, 2008). Los géneros Steinernema y Heterorhabditis poseen gran eficacia en
327 el control biológico de larvas de lepidópteros y además son los únicos nematodos en los cuales se han
328 desarrollado métodos de producción masiva y que han sido vendidos con fines biocontroladores (Shapiro-
329 Ilan et al., 2014).

330 La diferencia entre steinernemátidos y heterorhabdítidos, consiste en que las especies del primer grupo
331 presentan machos y hembras por lo que se reproducen sexualmente, mientras que los del segundo grupo
332 son hermafroditas en la primera generación, pero se reproducen sexualmente en las siguientes
333 generaciones (Hazir et al., 2004).

334 Los nematodos entomopatógenos tienen un ciclo de vida que incluye el huevo, cuatro estados juveniles y
335 adulto. El tercer estado juvenil, es el único estado del ciclo de vida que se encuentra fuera del insecto
336 huésped, específicamente en el suelo (García del Pino, 1994). En este estado infectivo, el nematodo
337 utiliza las reservas de energía que almacenó previamente, lo que le permite sobrevivir largos períodos en
338 el suelo hasta que encuentre un insecto huésped. Además, tiene la función de transportar en su intestino a
339 la bacteria simbiote y de localizar e invadir al hospedero (Merino y France, 2009). Una vez que
340 encuentra su hospedante apropiado, éste ingresa al insecto a través de aberturas naturales (boca,
341 espiráculos, ano) o áreas delgadas de la cutícula como el caso de los heterorhabdítidos, penetrando al
342 interior del hemocele del huésped (Sáenz, 2005). Una vez en el hemocele, se produce la liberación de la
343 bacteria simbiote que el nematodo llevaba en su intestino, la que ocurre a través del ano, en el caso de
344 los steinernemátidos; o por la boca en los heterorhabdítidos (López, 2004). Luego la bacterias se
345 multiplican causando la muerte del hospedante por septicemia dentro de 48 horas, y produciendo también
346 sustancias que protegen el cadáver del insecto de la posible colonización de otros microorganismos
347 (Sáenz, 2005).. Posteriormente, los nematodos inician su desarrollo, se alimentan de células bacterianas y
348 de los tejidos del insecto. (Merino y France, 2009)

349 Batalla-Carrera et al. (2010) evaluaron bajo condiciones de laboratorio, la efectividad de tres especies
350 (*Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae* y *Heterorhabditis bacteriophora*) sobre larvas de *Tuta*
351 *absoluta*, demostrando a través de bioensayos foliares que microorganismos son capaces de emboscar,
352 buscar y matar las larvas ubicadas en las hojas de los tomates a pesar de la ubicación de éstas. Los
353 mismos autores indican que los nematodos entomopatógenos son capaces de penetrar dentro de las
354 galerías de las hojas y causar una mortalidad de larvas de *T. absoluta* de un 76,3% utilizando *H.*
355 *bacteriophora* y un 88,6% y 92% con *S. carpocapsae* y *S. feltiae*, respectivamente. También se observó
356 que en condiciones de invernadero, a través de aplicaciones foliares de nematodos entomopatógenos,
357 éstos pueden alcanzar una mortalidad de larvas de *T. absoluta* entre un 87,6 - 95%.

358 Como ejemplos de controladores biológicos de *Tuta absoluta* se han investigado entre otros:
359 *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) controlador de huevos de
360 Lepidoptera (Parra y Zucchi, 2004) y *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae) (De Vis et
361 al., 2001). *A. gelechiidivoris* es un endoparásitoide de larvas de tercer instar de *T. absoluta* en tomate. En
362 campo se ha registrado un control de larvas de *T. absoluta* de hasta un 70% permitiendo la reducción de
363 insecticidas y control efectivo de la plaga (Cárdenas, 1992; Escobar et al., 2004). Se determinó que el
364 porcentaje de parasitismo presentado por *A. gelechiidivoris* fue de 86,38%. Otro insecto controlador
365 biológico *Trichogramma pretiosum* es una avispa, que es catalogada como un fuerte candidato para el
366 control biológico del minador de hojas de tomate (Arantes, 2008).

367 En las diferentes investigaciones que han realizado las instituciones se ha reportado la eficacia de estos
368 controladores sobre la plaga, desde el 30% hasta el 80% (Mollá et al., 2009), demostraron que cuando
369 *Macrolophus pygmaeus* y *Nesidiocoris tenuis* se encontraban bien establecidos en el cultivo conseguían
370 reducir la infestación en hojas en un 75 y 97% y en fruto entre un 56 y 100% (Arnó et al., 2009), en tomate
371 bajo invernadero y al aire libre, estableció que con una presencia de 4,5 míridos por planta, el nivel de
372 daños en fruta se mantuvo por debajo de un 4%. El insecto *Trichogramma achaeae* presentó un alto
373 índice de parasitismo y emergencia (29.6% y 65.9%, respectivamente), en relación con las tasas
374 observadas para *Trichogramma cordubensis*, 6.1% y 39.3%, respectivamente (Oliveira et al., 2010), *T.*
375 *achaea* y *N. pseudoferus*, tienen un elevado potencial como agentes de control, presentando valores de
376 eficacia del 91,74% para el parasitoide y 92-96% para el depredador (Martínez, 2017). Por lo expuesto
377 anteriormente el objetivo de la presente revisión es dar a conocer diferentes medidas de control biológico
378 de *T. absoluta* y sugerir el establecimiento de controladores biológicos en tomate, realizando el estudio de
379 la combinación de controladores con la intención de tener una mayor eficacia en el control de la plaga *T.*
380 *absoluta*.

383 *Beauveria bassiana* es un hongo imperfecto de la clase Deuteromycetes, capaz de infectar a más de 200
384 especies. Es de color blanco o cremoso, el ciclo de vida consta de 2 fases: patogénica y saprofitica. Su
385 desarrollo incluye: adhesión de la espora en la superficie del insecto, germinación, el conidio desarrolla
386 su tubo germinativo y un órgano sujetador le permite fijarse a la superficie del insecto. Penetración
387 mediante mecanismos físicos y químicos (acción de enzimas: proteasa, lipasa y quitinas), el hongo
388 ingresa en el insecto a través de las partes blandas. Dentro del insecto el hongo se ramifica y produce
389 toxinas como Beauvericina, que rompe el sistema inmunológico, luego viene la muerte del insecto e
390 inicia la fase saprofitica, y se aumentan las hifas para continuar su propagación (Carballo et al., 2001).

391 El desarrollo de la enfermedad en el insecto está dividido en tres fases: (1) adhesión y germinación de la
392 espora en la cutícula del insecto, (2) penetración en el hemocele y (3) desarrollo del hongo, que
393 generalmente resulta en la muerte del insecto. El proceso de adhesión ocurre en tres etapas sucesivas:
394 adsorción de la espora a la superficie mediante el reconocimiento de receptores específicos de naturaleza
395 glicoproteica en el insecto, la adhesión o consolidación de la interfase entre la espora pregerminada y la
396 epicutícula y finalmente, la germinación y desarrollo hasta la formación del apresorio para comenzar la
397 fase de penetración (Pedrini et al., 2007). El proceso de adhesión de la espora a la cutícula del insecto,
398 está mediado por la presencia de moléculas sintetizadas por el hongo denominadas adhesinas. Con
399 *Metharizium anisopliae*, se ha descrito un tipo de adhesina denominada MAP1 la cual se localiza en la
400 superficie de los conidios. La expresión heteróloga de MAP1 en *Saccharomyces cerevisiae* le confiere a
401 la levadura propiedades adherentes específicamente a la cutícula de los insectos. La disrupción del gen
402 que codifica para MAP1 afecta la germinación y la formación de blastosporas, así mismo reduce
403 considerablemente la virulencia del hongo (Wang et al., 2007). Por otro lado se ha demostrado que los 2+
404 2+ iones divalentes como el Ca y el Mg reducen las fuerzas de repulsión electrostáticas promoviendo la
405 adhesión de las esporas (Pucheta et al., 2006).

406 La sobreexpresión del gen que codifica para la quitinasa de *B. bassiana* acelera el proceso de muerte en
407 los insectos en un 23% (Fan et al., 2007). De esta manera, se demuestra la importancia de la secreción de
408 estas enzimas hidrolíticas en la virulencia de los hongos entomopatógenos, lo cual pudiera ser una
409 herramienta para la selección de mejores cepas para la formulación de insecticidas biológicos (Téllez et
410 al., 2009).

411 Otro mecanismo que utilizan los hongos para penetrar al hemocele es a través de la cavidad bucal,
412 espiráculos y otras aberturas externas del insecto. Puesto que la humedad no es un problema en el tracto
413 alimenticio, la espora puede germinar rápidamente en este ambiente; aunque los fluidos digestivos
414 pudieran destruirla o degradar la hifa germinativa. En algunos casos, la digestión de estructuras fúngicas

415 puede causar la muerte por toxicidad más que por la micosis. La micosis induce a síntomas fisiológicos
416 anormales en el insecto tales como convulsiones, carencia de coordinación, comportamientos alterados y
417 parálisis. La muerte sobreviene por una combinación de efectos que comprenden el daño físico de tejidos,
418 toxicosis, deshidratación de las células por pérdida de fluido y consumo de nutrientes (Téllez et al., 2009).

419 *Trichograma pretiosum*

420 Son pequeñas avispas, de aprox. 03 mm de largo, pertenecientes al orden de Hymenoptera, familia
421 Trichogrammatidae. Debido a su tamaño se dispersa fácilmente con el viento. Son considerados insectos
422 benéficos porque se alimentan de la masa vitelina de los huevos del orden lepidóptera, coleóptera,
423 díptera hemíptera y otros, causando la muerte de los huevos. Las hembras pueden oviponer de 20 a 70
424 huevos, que son depositados durante las 48 horas después de emergidas las hembras (Gerdin et al.,
425 2001).

426 En el género *Trichogramma* existen dos modos reproductivos: Bisexual: hembras copuladas producen
427 machos y hembras. Cuando las hembras son vírgenes son capaces de parasitar huevos, pero su
428 descendencia será solo de machos. Unisexual: cuando las hembras en reproducción partenogénica solo
429 producen hembras. El ciclo biológico es afectado por la temperatura, la humedad relativa, el fotoperíodo
430 y el huésped. tiene una duración de 8 días desde la oviposición hasta que se convierte en adulto, y si la
431 temperatura es menor de 25 grados C, la duración del ciclo aumenta. Existen más de 140 especies de
432 *Trichogramma* en el mundo, todas ellas con distintas preferencias de hospederos, plantas hospedantes,
433 adaptación a factores medioambientales, capacidad de búsqueda y tasa reproductiva (Gerdin et al., 2001).

434 Los huevos de *Trichogramma* se liberan de forma inundativa en el campo, con un gran número de
435 individuos y con una periodicidad de 10 días. Existen diferentes medios de liberación como: tarjetas con
436 huevos adheridos, aspersión en agua o en sólidos, capsulas de celulosa, o sobres que se cuelgan en los
437 árboles. Se debe conocer el momento de la aparición de los adultos plaga y los factores climáticos. En
438 Chile, el laboratorio de entomología INIA (instituto de investigaciones agropecuarias), ha evaluado con
439 *Trichogramma* en laboratorio y en campo, el control de plagas como polilla de la manzana *Cydia*
440 *pomonella*, gusano de la mazorca *Helicoverpa zea*, polilla del tomate *T. absoluta*. Donde encontraron
441 niveles de control hasta el 90% (Gerdin et al., 2001).

442 Cabello et al, 2009, también realizaron estudios de *Trichogramma achaeae* Nagaraja & Nagarkatti
443 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) con preferencia de parasitismo para *T. absoluta*, donde los
444 experimentos demostraron que *Trichogramma achaeae* era altamente eficiente para reducir los niveles
445 de infestación de *T. absoluta* en viveros experimentales y comerciales de tomate en el sur de España
446 (Cabello et al., 2009). Más específicamente, la liberación de *T. achaeae* a una tasa de 750.000 adultos/ha

447 cada 3 ó 4 días redujo significativamente el número de larvas de *T. absoluta*, minas de hojas y frutos
448 dañados, en comparación con las parcelas de control.

449 En una de las investigaciones donde se utilizaron los parasitoides de huevos del género *Trichogramma*,
450 se evaluó la influencia de la temperatura en el desempeño de tres cepas (TRS13, TRS65 y TRS81) de
451 *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre huevos de *S. cosmioides* y se
452 determinó el límite térmico inferior de desarrollo y la constante térmica. Los experimentos se realizaron a
453 temperaturas constantes (18, 20, 22, 25, 28 y 30 °C), humedad relativa de $70 \pm 10\%$ y fotoperiodo de
454 12:12 h. Se observó que la temperatura afecta la emergencia del parasitoide, siendo superior al 74% para
455 cada una de las cepas a 25 °C (Cabezas et al, 2013).El objetivo de este trabajo fue determinar los
456 parámetros biológicos y los requerimientos térmicos de la cepa *Trichogramma pretiosum* TM criada en
457 huevos de *Helicoverpa armigera*. La temperatura óptima para el parasitismo de *T. pretiosum* fue de 25 °
458 C, y la mayor longevidad se encontró a la misma temperatura. Los requerimientos térmicos de *T.*
459 *pretiosum* fueron 10.82 ° C y 134.55 grados-día, respectivamente (Cabezas et al, 2013).

460 **Otros controladores biológicos de *Tuta absoluta***

461 Dentro de la revisión bibliográfica del control de *Tuta absoluta* en el cultivo del tomate se tienen estudios
462 de:

463 Bacci et al., (2008) encontraron que el factor más importante en la mortalidad de las larvas de *T. absoluta*
464 era la depredación, por míridos y por la avispa *Protonectarina sylveirae* (Saussure) (Hymenoptera:
465 Vespidae), (Medeiros et al., 2009). En España se han encontrado míridos autóctonos *Nesidiocoris tenuis*
466 Reuter y *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Miridae), han sido observados depredando tanto
467 huevos como larvas de *T. absoluta* (Urbaneja et al., 2009). Otros depredadores que se han observado
468 depredando a *T. absoluta* en la región Mediterránea son *Nabis pseudoferus* Remane (Hemiptera:
469 Nabidae) (Cabello et al., 2009), *Dicyphus maroccanus* Wagner (Hemiptera: Miridae) (Mollá et al.,
470 2010).

471 Otros Míridos depredadores de *Tuta absoluta*: *Nesidicoris tenuis* y *M. pygmaeus*, los depredadores
472 zoofitófagos, *N. tenuis* y *M. pygmaeus*, son polífagos endémicos que aparecen de forma espontánea en
473 varios cultivos de la costa Mediterránea (Van, 2012).

474 Otro parasitoide de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) es *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera:
475 Braconidae), parasitoide de larvas de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Se evaluó el desarrollo y
476 la capacidad reproductiva de *A. gelechiidivoris* en cuatro condiciones térmicas: 14, 20, 26 y 32 °C. En la
477 evaluación se determinó la duración del ciclo de vida, se estimaron los umbrales térmicos para cada
478 estadio y se hallaron los grados día. Se evaluó la densidad del hospedero y se contó el número de adultos

479 emergidos con los cuales se evaluó longevidad y fecundidad. La duración del ciclo de vida para las
480 temperaturas evaluadas fue de 39 días en 14 °C, 34 en 20 °C, 19 en 26 °C y 17 en 32 °C. La longevidad
481 fue de 7,5 (14 °C), 7 (20 °C), 5 (26 °C) y 2,4 (32 °C) días. La temperatura a la cual se pueden optimizar
482 los parámetros reproductivos de esta avispa se encuentra entre 20 y 26 °C (Bajonero et al., 2008).

483 **Población Encuestada**

484 El municipio de Guayabal de Síquima está ubicado en el departamento de Cundinamarca en la parte
485 noroccidental del departamento. Se encuentra localizado al oriente de la región del valle del Magdalena,
486 pertenece a la provincia del Magdalena Centro. El municipio limita al noroccidente con los municipios
487 de Villeta y Albán, por el occidente con el municipio de Bituima, por el sur con el municipio de
488 Anolaima y por el oriente con el municipio de Albán.

489 Las 100 personas encuestadas son habitantes de las veredas de San Rafael, El Trigo, Chiniata y Pajonal
490 del municipio de Guayabal de Síquima, en el departamento de Cundinamarca. Estas veredas cuentan con
491 temperaturas que van desde los 13 °C hasta los 25 °C. Desde la San Rafael hasta la más cálida que la
492 vereda de Pajonal, el promedio de humedad relativa es se encuentra entre el 40 hasta el 50% según la
493 época del año, según la clasificación del municipio por pisos térmicos, (Alcaldía Guayabal de Síquima,
494 2001). En general los habitantes de este municipio se dedican a las actividades agropecuarias, en fincas
495 donde trabajan como administradores, siendo esta la base de su economía.

496 **Resultados**

497 **Revisión Bibliográfica**

498 Se realizó una revisión bibliográfica de artículos y tesis nacionales e internacionales sobre control
499 biológico del insecto plaga *T. absoluta*. De los textos, tesis, monografías y artículos consultados se tiene
500 que en el 18 % se ha investigado sobre *Bacillus thuringiensis*, el 16% sobre *Beauveria bassiana*, el 14
501 % sobre *trichogramma spp.*, el 14% sobre *Apanteles gelechiidivoris*, el 8% sobre *Pseudapanteles*
502 *dignus*, el 8% sobre *Nesidiocoris tenuis*, el 6% *Lonchocarpus guaricensis*, el 4% sobre *Podisus*
503 *nigrispinus*, , el 2% sobre *macrolophus pygmaeus*, y el 2% sobre *Metarhizium anisopliae*.

504 **Percepción de la comunidad rural de Guayabal de Síquima**

505 Para hacer un diagnóstico respecto al uso de controladores biológicos por parte de la población rural de
506 la zona, se realizó una encuesta (anexo 1) a la comunidad de agricultores de las veredas de San Rafael, El
507 Trigo, Chiniata y Pajonal del municipio de Guayabal de Síquima, departamento Cundinamarca,
508 Colombia. Para el manejo de la encuesta se utilizó estadística descriptiva usando medidas de tendencia
509 central.

510 En la tabla 1 se observa que el 66% de los agricultores de las cuatro veredas, desconocen que es control
 511 biológico como método de control de plagas, como también el 75% desconoce las condiciones para el
 512 uso de controladores biológicos, confunden ejemplos de controladores biológicos con otro tipo de
 513 productos como extractos vegetales.

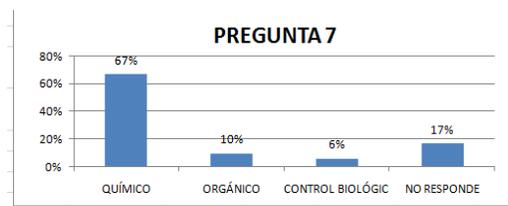
514 En la tabla 1, respecto a la pregunta número 9, se observa que el 88% de la comunidad de las veredas
 515 encuestadas en el municipio de Guayabal de Siquima, Cundinamarca, Colombia, afirma que no
 516 reconocen el nombre científico *Tuta absoluta*; no conocen nombres científicos de las especies. Además
 517 el 83% de los agricultores, conoce muchas de las plagas de diferentes cultivos, pero también, tienen
 518 confusión en los nombres de una misma plaga, le asignan diferentes nombres a la plaga, *Tuta absoluta*.
 519 Así mismo, los productores no diferencian una enfermedad de una plaga en un cultivo. De igual manera,
 520 cuando se habla de control de plagas y enfermedades, el 67% de los encuestados, aducen que el único
 521 producto para prevención y control de plagas son productos de síntesis química. Aunque el 56% de la
 522 población encuestada, afirma que comprenden las consecuencias del uso de productos químicos en las
 523 plantas y en las personas, pero persisten en su utilización como única solución ante los problemas
 524 fitosanitarios que se les presentan.

525 Dentro de los cultivos que desarrolla la comunidad específica de agricultores, se tiene que el 42% de la
 526 población ha implementado, o ha laborado en el cultivo del tomate *Solanum lycopersicum*, dentro de su
 527 propia finca, o en lotes arrendados para explotación agrícola, o laboran en una empresa agrícola bajo
 528 invernadero, en la cual el tomate es la principal producción.

529 **Tabla 1.** Encuesta sobre el conocimiento de *Tuta absoluta*

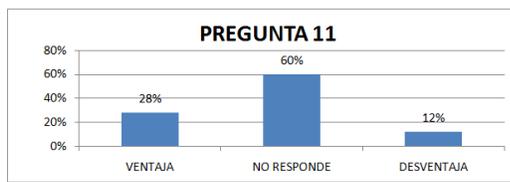
| PREGUNTA | SI | NO | NO RESPONDE |
|----------|-----|------|-------------|
| 1 | 34% | 66% | 0% |
| 2 | 0% | 100% | 0% |
| 3 | 25% | 75% | 0% |
| 4 | 5% | 95% | 0% |
| 5 | 10% | 90% | 0% |
| 6 | 83% | 17% | 0% |
| 8 | 42% | 58% | 0% |
| 9 | 12% | 88% | 0% |
| 10 | 16% | 3% | 81% |

530



531

532 **Figura 1** de la pregunta 7. Productos utilizados para el control de plagas.



533

534 **Figura 2** de la pregunta 11. Ventajas y desventajas al usar controladores biológicos.



535

536 **Figura 3** de la pregunta 12. Daños causados por plaguicidas químicos.

537 **Discusión**

538 Para el control de *T. absoluta* se sugiere la combinación de controladores biológicos como el hongo
 539 *Beauveria bassiana* y el insecto *Trichogramma pretiosum*, puesto que existen investigaciones como las
 540 expuestas previamente sobre control biológico de *Tuta absoluta* en tomate, controladores que se
 541 encuentran disponibles en el mercado, estos son inocuos y de fácil manejo. Por eso, se sugiere el estudio
 542 práctico de los controladores en el cultivo de tomate, para manejar de forma sostenible la plaga *T.*
 543 *absoluta*. Así como lo afirma De Vis et al 2001, el empleo de enemigos naturales ha adquirido una
 544 importancia promisoría para el control de insectos plaga y para *T. absoluta*, se han registrado
 545 parasitoides como *Trichogramma pretiosum*, *Apanteles gelichiidivoris*, que pueden ser relevantes en
 546 cultivos comerciales de tomate. Además se propone fomentar el conocimiento de la importancia del
 547 control biológico de plagas de forma práctica, en los productores de tomate en Cundinamarca, porque se
 548 presentan falencias en la capacitación de los agricultores; situación que se reflejó en las encuestas
 549 realizadas a 100 agricultores de cuatro veredas del municipio de Guayabal de Siquima, en el
 550 departamento de Cundinamarca.

551 Por lo tanto se hace necesario la continuidad del proceso de conocimiento en control biológico, como
 552 también aclarar conceptos relacionados con el tema, porque además se presenta mucha confusión por
 553 parte de los agricultores. Igualmente, al poner en práctica los conocimientos generados en las
 554 investigaciones agrícolas, se aprovechan las diferentes alternativas de control de plagas, que generan un
 555 menor impacto ambiental, cuando se desarrollan cultivos como el tomate. Es así, como la Universidad
 556 Jorge Tadeo Lozano ha realizado investigaciones en control biológico de *Tuta absoluta*, como por
 557 ejemplo “métodos estandarizados para la caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* para
 558 el control de insectos plaga: modelo *Tuta absoluta*”(Hernandez et al., 2012); de igual manera la
 559 Universidad Militar Nueva Granada viene investigando alternativas de control biológico de la plaga

560 como “alternativas de manejo del gusano cogollero del tomate *Tuta absoluta*”(Wanumen et al., 2011),
561 además la Universidad Nacional de Colombia ha desarrollado trabajos de investigación como
562 “Evaluación y selección de un protocolo vía *Agrobacterium* para la incorporación de resistencia al
563 cogollero en la variedad de tomate” (Ramírez et al., 2009). Así mismo, los investigadores estudian los
564 microorganismos y organismos agentes de control biológico, y transfieren dicho conocimiento a la
565 comunidad rural, trabajan con los agricultores, para generar alternativas de manejo de plagas de acuerdo
566 con las necesidades regionales.

567 También es importante realizar capacitación a los agricultores en conceptos y práctica de cultivos
568 limpios, mostrando todos los beneficios que trae tanto a la salud personal, al medio, como a la economía,
569 porque ésta trae una mayor generación de ingresos. Por lo que la FAO, recomienda utilizar una variada
570 gama de sistemas de control de plagas y no depender de uno sólo. Por esto se recomienda combinar
571 diseños del sistema productivo, con entornos que favorezcan a los organismos benéficos o enemigos
572 naturales, y el uso de técnicas de control cultural, trampas, para tener sostenibilidad agrícola.

573 Así mismo, se sugiere un mayor compromiso de las entidades públicas que tienen como objetivo prestar
574 la asistencia técnica, donde la capacitación a los agricultores es uno de los objetivos según la ley 101
575 de diciembre de 1993, (Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero); puesto que actualmente se
576 ha dejado de lado el sector agrícola y se le presta mayor atención al sector pecuario, especialmente a la
577 ganadería, el cual trae consecuencias funestas en el calentamiento global y la erosión del suelo, como se
578 ve reflejado en las encuestas aplicadas a los habitantes de las veredas de San Rafael, El trigo, Chiniata, y
579 Pajonal del municipio de Guayabal de Síquima, departamento de Cundinamarca, Colombia.

580 *T. absoluta* es una de las plagas más importantes y destructivas para la producción agrícola del tomate,
581 por lo que se hace necesario continuar la investigación basada en el control biológico y la combinación
582 de los mismos, que contribuyan a disminuir el daño causado por esta plaga.

583 Actualmente, el sistema agrícola desarrollado por los productores, prioriza la obtención de los mejores
584 rendimientos, ganancias económicas y soluciones rápidas ante el manejo de plagas, sin pensar en las
585 consecuencias que trae el uso de productos de síntesis químicas sobre el ambiente en general; como
586 también la disminución de los insectos que se encuentran en la naturaleza; ya que la cultura agrícola en
587 nuestro país generalmente consiste en utilizar un solo tipo de manejo en el control de plagas. Por esto el
588 ICA (2005), recomienda el uso de bioinsumos agrícolas para la prevención, control y erradicación de las
589 plagas, mejorando la productividad agrícola y contribuir a la seguridad alimentaria.

590 Aunque la investigación agrícola en nuestro país tiene metas agrícolas reales, y da a conocer los
591 resultados a través de la extensión rural, hace falta una mayor dedicación en la difusión de este

592 conocimiento, para que el productor sea el principal protagonista, y así se le dé un manejo sostenible. La
593 investigación agrícola generada en las universidades debe verse reflejada mucho más en los productores,
594 a través de la capacitación, acompañamiento, seguimiento y constancia. Por esto se invita a las
595 entidades que hacen investigación, a continuar el proceso de enseñanza-aprendizaje para que el
596 conocimiento sea apropiado por ellos y lo pongan en práctica en sus actividades agrícolas.

597 Otro aspecto relevante es la importancia del uso del manejo integrado de plagas, porque no solo existen
598 los productos de síntesis química, existen varios métodos de control, que no tienen consecuencias
599 adversas para el ambiente. Por lo que se hace necesario resaltar la difusión en los agricultores, las
600 prácticas de un manejo integral de plagas como es el control biológico, para que los agricultores no se
601 queden con conceptos y practicas obsoletas, con lo que todos los productores aportarían con la
602 sostenibilidad ambiental.

603 **Conclusiones**

604 *Tuta absoluta*, es una de las plagas que más afecta la producción, rendimiento y calidad del cultivo del
605 tomate. Además, se ha propagado en muchos países ya que se está convirtiendo en un problema
606 cosmopolita, porque no solo ataca este cultivo, si no a varias solanáceas.

607 Debido al daño causado por *Tuta absoluta* sobre el cultivo del tomate y el uso indiscriminado de
608 productos de síntesis química, se han adelantado actualmente trabajos de investigación en varios
609 controladores biológicos como método alternativo de control de esta plaga, para contrarrestar los efectos
610 nocivos que genera el control químico.

611 Se ha encontrado multiplicidad de microorganismos e insectos que pueden llegar a ser un control efectivo
612 de *Tuta absoluta*. Como por ejemplo el insecto *Trichogramma pretiosum* y hongo *Beauveria bassiana*
613 como controladores biológicos, que se han investigado para mejorar el control de la plaga, teniendo en
614 cuenta el porcentaje de eficiencia de cada uno y la combinación de controladores biológicos en el
615 manejo de la plaga.

616 Con base en los resultados de la encuesta realizada a los agricultores en las veredas de San Rafael, El
617 Trigo, Chiniata y Pajonal del municipio de Guayabal de Siquima, departamento de Cundinamarca, se
618 evidencia la falta de conocimiento de los productores en el método de control biológico, para
619 contrarrestar los daños que causa el insecto plaga en el cultivo del tomate, por lo que se sugiere
620 considerar al productor como el principal protagonista de las investigaciones que tienen como objetivo
621 llegar a un manejo sostenible en la producción agrícola.

622 La comunidad evaluada no está relacionada con nombres científicos de las plagas como el nombre
623 científico de *Tuta absoluta*. Conocen muchas plagas del cultivo del tomate, pero además le asignan
624 diferentes nombres a la misma plaga de *Tuta absoluta*. Los productores no diferencian conceptos de
625 enfermedad, plaga, no realizan un diagnóstico adecuado de acuerdo al organismo o microorganismo que
626 produce el daño. Condiciones que los llevan a privilegiar el uso de productos de síntesis química como
627 único método de control de plagas, porque es más económico, se observan resultados rápidamente, o se
628 encuentra disponible en el municipio. Y sin embargo, aunque algunos afirman comprender las
629 consecuencias que trae el uso de éstos en las plantas y en las personas, continúan haciendo uso de ellos,
630 dejando de lado la protección ambiental.

631 En un manejo integrado de la plaga *Tuta absoluta* se recomienda la utilización del control cultural,
632 control físico, como es el uso de trampas de color y el control biológico, donde se puede combinar un
633 insecto y un hongo como controladores del insecto plaga.

634 **Bibliografía**

635 Agronet.(2016-2017). Evaluaciones agropecuarias municipales. Consultado en Agosto 15 de 2018, desde
636 <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>

637 Alarcón, L., T. Reyes, T., Rodríguez, G., Pupo, A. (2005). Efectividad in vitro de *Trichoderma*
638 *harzianum* Rifai en el biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kühny *Pyricularia grisea* en el cultivo del
639 arroz (*Oryza sativa* L.).Fitosanidad, 9 (3): 57-60.

640 Alarcón, J., Peñaranda, E., Díaz, J., Rivero, M., Jiménez, Y., Guerrero M. (2012). Manejo fitosanitario
641 del cultivo de hortalizas. ICA. Bogotá.

642 Alcaldía de Guayabal de Siquima. Diagnóstico territorial. (2001)
643 EOT_Esquema_de_Ordenamiento_Territorial_Guayabal_de_Siquima_Proyecto_de_Acuerdo.
644 Consultado diciembre 12 de 2018 desde <http://www.guayabaldesiquima-cundinamarca.gov.co/>

645 Arantes, C., Braz, J., Vieira. A., Isidro, Á.(2008).Parasitismo de *Tuta absoluta* por *Trichogramma*
646 *pretiosum* Riley em resposta a densidade do hospedeiro e estruturas da planta. Cienc.
647 Rural vol.38 no.6 Santa María. Brasil.

648 Arias, L., Bojacá, C. (2014). Determinación de residuos de plaguicidas en tejidos foliares y suelos de
649 sistemas productivos de tomate bajo invernadero y libre exposición en Colombia. Universidad de Bogotá
650 Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Programa de Biología Ambiental.
651 Bogotá

652 Arnó, J., Sorribas, R., Prat, M., Montse, M., Pozo, C., Rodríguez, D., Garreta, A., Gómez, A. y Gabarra,
653 R. (2009). *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain. Consultado en Agosto 10,
654 2018 desde <https://doi.org/10.1002/ps.3344>

655 Bacci, L., Picanço, M. C., Sousa, F. F., Silva, E. M., Campos, M. R. y Tomé, H. V. T. (2008). Inimigos
656 naturais da traça do tomateiro. Horticultura Brasileira, (26), 2808-2812.

657 Bajonero, J., Córdoba, N., Cantor, F., Rodríguez, D., Cure, J. (2008). Biología y ciclo reproductivo de
658 *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Tuta absoluta* (Lepidoptera:
659 Gelechiidae). Agronomía Colombiana, vol. 26, núm. 3, pp. 417-4

660 Biobest. (2015). Control de tuta absoluta mediante placas negras. Consultado en diciembre 11 de
661 2018 desde <https://www.ecobest.es/2015/05/24/controldetutaabsolutamediantetrampasnegras/>

662 Brambila, J.; S. Lee; S. Passoa; Straten. M.: «Tuta absoluta. The Tomato Leafminer», Field Screening
663 AID, Cooperative Agricultural Pest Survey Program (CAPS), (2010), Consultado: diciembre 3 de 2018
664 desde http://caps.ceris.purdue.edu/screening/tuta_absoluta

665 Cabello, T., Gallego, J., Sole, A., Del Pino, M., Camerol, E., Polaszek, A. (2009). Tomato Pinworm,
666 *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae)
667 in tomato greenhouses of Spain. Pag. 225-230.

668 Cabezas, F., Melo, Mirtes., García, Mauro., Diez-Rodríguez, Gabriela., y Nava, Dori. (2013). Parasitism
669 of *Trichogramma pretiosum* (hymenoptera: trichogrammatidae) on *spodoptera cosmioides* (lepidoptera:
670 noctuidae) at different temperaturas. Rev. Entomología Colombiana. vol.39 no.2 Bogotá.

671 Cáceres, S. (2000). La polilla del tomate: manejo químico cultural, Hoja de divulgación no. 15, Estación
672 Experimental Agropecuaria Bella Vista, Argentina, 2000.

673 Cajias, E., Vargas H., Estefane F., Bobadilla D. (2013). Actividad biológica de *Lonchocarpus*
674 *guaricensis* Pittier en el control de larvas de *Tuta absoluta* (Meyrick). Revista Facultad de Ciencias
675 Agrarias Uncuyo. N. 45(1): 117-125

676 Carballo M., Rodríguez L., Durán J. (2001). Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control del
677 picudo del chile en laboratorio. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62 p. 54 - 59.

678 Cárdenas M. (1992). Determinación de una metodología para la cría masiva de *Cotesia gelechidiivoris*
679 endoparasitoide de larvas de *Phthorimaea operculella* ZELLER (Lepidoptera: Gelechiidae). Tesis de
680 grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia

681 Castillo, P., Alvarado, H.(2003). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno (en línea). Biblioteca
682 Virtual Universal. Chile, Editorial el Cardo. 10 p. Consultado en agosto 10, 2018 desde
683 <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf>

684 Cely, L., Cantor, F., and Rodríguez, D. (2010). Determinación de niveles de daño ocasionados por
685 diferentes densidades de población de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en tomate bajo
686 invernadero. Agronomía Colombiana. Vol. 28, núm. 3, pp. 401-411

687 Cerdas, M; Montero, M. (2002). Manual del manejo poscosecha de tomate. Convenio Poscosecha CNP-
688 UCR-MAG. San José, Costa Rica, 95 p. Consultado en Agosto 10 de 2018 desde [http://www.mag.go.cr](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomate-introd.pdf)
689 [/bibioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomate-introd.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomate-introd.pdf)

690

691 Congreso Colombiano. (1993). Ley 101 de 1993 (diciembre 23). Ley general de desarrollo agropecuario
692 y pesquero. Colombia

693 DANE.(2014).Boletín mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Diciembre
694 2014. Núm. 30.

695 De La Cruz Rodriguez., J. Guevara, L., Huaman, J.(2014). Crecimiento micelial de *Beauveria*
696 *bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* en medio PDA vertidas en placas de vidrio, esterilizadas en autoclave.
697 Facultad de Agronomía. Departamento Académico de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Agraria
698 de la selva Área de Sanidad Vegetal. Perú

699 Del Puerto A., Suárez S., Palacio D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud.
700 Revista Cubana Higiene y Epidemiología vol.52 no.3 Ciudad de la Habana septiembre.-diciembre.

701 Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez, C., González, J., Catalán
702 D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T.,
703 Urbaneja, A. (2010). Invasión biológica de tomates europeos por *Tuta absoluta*: ecología, expansión
704 geográfica y perspectivas de control biológico. Pest Science 83: 197.

705 De Vis, R., L. Fuentes., H. Escobar y Lee., R. (2001). Manejo integrado de plagas y enfermedades. En:
706 Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías
707 Agroindustriales (CIAA). Bogotá. pp. 59-89

708 Díaz, C., López, L. (2010). Boletín Manejo Integrado del Cultivo de Tomate y el Combate Químico de
709 las Principales Plagas y Enfermedades. Dirección Regional Central Occidental. Agro-cadena Regional de
710 Tomate. MAG. Grecia, Costa Rica. Boletín 2010-02.

711 ECONEX: «Tuta absoluta (Meyrick)», Sanidad Agrícola Econex, S. L. 2012. Consultado en diciembre 3
712 de 2018 desde <http://www.e-econex.com/soluciones-para-plagas-ver.php?ids=8&n=Tuta+absoluta>

713 Escobar, A., Cantor, F., Cure, J. (2004). Contribución al conocimiento de *Apanteles* sp. (Hymenoptera:
714 Braconidae). En resúmenes. XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. 28-30. Bogotá. p.
715 122.

716 Escobar, H., Lee, R. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero (en línea). V.2. 2 ed.
717 Bogotá, Colombia. P 180.

718 Fan, Y., W. Fang, S., Guo, X., Pei, Y., Zhang, Y., Xiao, D., Li, K., Jin, K., Jin, M., J. Bidochka, J., Pei,
719 Y.(2007). Increased insect virulence in *Beauveria bassiana* strains overexpressing an engineered
720 chitinase. Applied and Environmental Microbiology 73:295–302

721 FAO. (2017) Consultado en septiembre 9 de 2018, desde <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

722 FAO. (2010). Consultado en septiembre 9 de 2018 desde
723 <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1374s/a1374s02.pdf>

724 Gajardo Retamal, Sergio Pablo (2015). Monografía sobre el estado del arte del control microbiológico de
725 la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (meyrick) (lepidoptera: gelechiidae): microorganismos más utilizados
726 y su efectividad. Chile

727 García, F. (2002). Manejo biológico de plagas en tomate. En: Control biológico, componente fundamental
728 del manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible. Memorias del I curso taller internacional.
729 Programa nacional manejo integrado de plagas. Corpoica, Bogotá. 340 p.

730 Gerdin, M., Torres,C.(2001). Producción masiva de *Trichogramma*. INIA. Boletín N 61. Ministerio de
731 agricultura. Chile

732 Góngora, C., Marín, P., Benavidez, P. (2009). Claves para el éxito del hongo *Beauveria bassiana* como
733 controlador biológico de la broca del café. Cenicafé. Avances técnicos N. 384.

734 González, M., Montejo, L.(2007). Evaluación de la influencia del aclareo sistemático de frutos sobre el
735 peso fresco y diámetro en dos variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*) larga vida, Sofía y
736 Miramar, en la Capilla Boyacá. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

737 Hernández, J., Ramírez, N., Ramírez, L., Fuentes. (2011). Molecular and biological characterization of
738 native *Bacillus thuringiensis* strains for controlling tomato leafminer (*Tuta absoluta* Meyrick)
739 (Lepidoptera: Gelechiidae) in Colombia. World Journal Of Microbiology & Biotechnology vol:27, págs:
740 579 – 590.

ICA. (2018). Empresa de Bioinsumos y Extractos Vegetales Registradas en ICA.

- 741 INTA Instituto nacional de tecnología agropecuaria. (2001). Consultado en diciembre 11 de 2018 desde
742 <http://www.manualfitosanitario.com/InfoNews/INTA>.
- 743 Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., Mayela, L. (2006). El cultivo del tomate. Manual
744 técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. Corpoica. Boletín técnico 21.
- 745 Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata M., Rengifo, T. (2007). Buenas prácticas agrícolas en
746 la producción de tomate bajo condiciones protegidas. CORPOICA, FAO. Gobernación de Antioquia,
747 Colombia.
- 748 López, C.(2013). Evaluación de *Trichogramma cacoeciae* como parasitoide de tuta absoluta. Escuela
749 Politécnica Superior y Facultad de Ciencias Experimentales. Almería. España.
- 750 Marcano, R. V. 1991. Estudio de la biología y algunos aspectos del comportamiento del perforador del
751 fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Lep: Pyralidae) en tomate. *Agronomía Tropical*. 41 (5): p.
752 257-263.
- 753 Martínez, E., Barrios, G., Rovesti, L., Santos, R.(2006). Manejo Integrado de Plagas: Manual Práctico. La
754 Habana, Cuba. 11 p.
- 755 Martínez, M. (2017). Resistencia a emamectina benzoato en *Tuta absoluta* (meyrick) (lepidoptera:
756 gelechiidae). Tesis Doctoral. Técnicas avanzadas en investigación y desarrollo agrario y alimentario.
757 Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena Colombia.
- 758 Medeiros, M., Villas, G., Vilela, N., Carrijo, A. (2009). Estudo preliminar do controle biológico da traça-
759 do-tomateiro com o parasitóide *trichogramma pretiosum* em ambientes protegidos. *Horticultura*
760 *Brasileira* 27: 080-085.
- 761 Mollá, O., González-Cabrera, J., Urbaneja, A. (2011).The combined use of *Bacillus thuringiensis* and
762 *Nesidiocoris tenuis* against the tomato borer *Tuta absoluta*. *BioControl* 56: 883.
- 763 Monardes,H., Escalona, V., Urbina, C.,Martin, A.(2009). Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicum*
764 *esculentum* Mill.). Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Chile.
- 765 Monge, J. (2016). Liro 42.Generalidades del híbrido. Informe técnico. Alajuela, Costa Rica.

766 Monserrat, A. (2009). La polilla del tomate, *Tuta absoluta* en la región de Murcia: bases para su control.
767 Comunidad Autónoma de la Región de Murcia Consejería de Agricultura y Agua Investigador: Serie
768 técnica y de estudios 34.

769 Mora, G.(2016). Palomilla del tomate *Tuta absoluta* Meyrick. Servicio nacional de sanidad, inocuidad y
770 calidad agroalimentaria Dirección General de Sanidad Vegetal. Ficha Técnica No. 28. Secretaria de
771 agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación. Sagarpa. Consultado en Agosto 10, 2018
772 desde [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215925/25_Ficha_Tecnica_Palomilladel tomate.p](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215925/25_Ficha_Tecnica_Palomilladel tomate.pdf)
773 [df](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215925/25_Ficha_Tecnica_Palomilladel tomate.pdf)

774 Morales, J., Muñoz, L, Rodríguez, D., Cantor, F.(2014). Acción combinada de feromona sexual y de
775 avispas *Apanteles gelechiidivoris* para el control de *Tuta absoluta* en cultivos de tomate bajo invernadero.
776 Acta biológica Colombiana. 19(2):175-184.

777 Orna, Á. (2009). Evaluación del efecto de aplicación de micorrizas en la producción de tomate riñón.
778 Ecuador

779 Oliveira, L., Durão, A., Fontes, J., Roja, I., Tavares, J. Potential of *Trichogramma achaeae*
780 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Biological Control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in
781 Azorean Greenhouse Tomato Crops. Journal of Economic Entomology, 110, 5, (2010)

782 Parra, J.; Zucchi, R. (2004). *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research.
783 Neotropical Entomology 33 (3): 271-281

784 Pedrini, N., R. Crespo, M., Juárez, P. (2007). Biochemistry of insect epicuticle degradation by
785 entomopathogenic fungi. Comparative Biochemistry and Physiology, Science Direct, 146:124–137.

786 Pucheta, M., A. Flores, A., Rodríguez, S., De la Torre, M.(2006). Mecanismo de acción de los hongos
787 entomopatógenos. Interciencia 31:856–860.

788 Ramírez, L., Ramírez, N., Fuentes, L., Jiménez, J., Hernández, J. (2010). Estandarización de un
789 bioensayo y evaluación preliminar de tres formulaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis* sobre *Tuta*
790 *absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XII No. 1. Pág. 12-21

791 Ramos, C.; M. Juárez: «Protocolo de identificación de la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick)
792 Lepidóptera: Gelechiidae», OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Vegetal, (2011).
793 Consultado en diciembre 3 de 2018 desde [http://www.oirsa.org/portal/documents/tuta/protocolo-de-](http://www.oirsa.org/portal/documents/tuta/protocolo-de-identificacion-de-tuta-absoluta.pdf)
794 [identificacion-de-tuta-absoluta.pdf](http://www.oirsa.org/portal/documents/tuta/protocolo-de-identificacion-de-tuta-absoluta.pdf).

795 Riquelme, M.; Botto, E., Lafalce, C. (2006). Evaluación de algunos insecticidas para el control de la
796 «polilla del tomate», *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide
797 *Trichogramma toideabactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Revista de la Sociedad Entomológica
798 Argentina, vol. 65, núm. 3-4, 2006, pp. 57-65.

799 Riquelme, M., Botto, E. (2010). Estudios biológicos de *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja
800 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoide de huevos de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera:
801 Gelechiidae). Neotropical Entomology vol.39 No.4

802 Robredo, J., Cardeñoso, H. (2008). *Tuta absoluta* – Insect Profile. Consultado en agosto 13 de 2018,
803 desde www.tutaabsoluta.com/uploads/files/tutaabsoluta_profile-01-10-2009.pdf

804 Rojas, J., Castillo, M. (2007). Diagnóstico de la Agro Cadena del cultivo de tomate de la Región Central
805 Sur. MAG. San José, Costa Rica. 72 p. Consultado en agosto 10, 2018 desde [http:// www.mag.go.cr/bi](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00063.pdf)
806 [bliotecavirtual/a00063.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00063.pdf)

807 Ruisánchez Ortega, Yohandri. (2013). La palomilla del tomate (*Tuta absoluta*): una plaga que se debe
808 conocer en Cuba Fitosanidad, vol. 17, núm. 3. pp. 171-181 Instituto de Investigaciones de Sanidad
809 Vegetal La Habana, Cuba

810 Stol, W., Griepink, F., Van D. (2009). *Tuta absoluta*: una nueva plaga para el cultivo del tomate en
811 Europa (Sesión Técnica: Hortalizas).

812 Téllez, A., Cruz, M., Mercado, Y., Asaff, A., Arana, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la
813 relación de hongos entomopatógenos e insectos. Revista mexicana de micología. Rev. Mex.
814 Mic vol.30 Xalapa dic. 2009.

815 Urbaneja, A., Montón, H., Vanaclocha, P., Mollá, O., Beitia, F. (2008). La polilla del tomate, *Tuta*
816 *absoluta*, una nueva presa para los míridos *Nesidiocoris tenuis* y *Macrolophus pygmaeus*. ResearchGate.
817 Unidad de entomología. Centro de protección Vegetal y Biotecnología. Instituto Valenciano de
818 Investigaciones Agrarias.

819 Van, J. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a
820 frustrating lack of uptake. BioControl, (57), 1-20.

821 Vélez, R. (1997) Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado.
822 Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Pp. 379-385.

- 823 Wang, C., Leger, R. (2007). The MAD1 adhesion of *Metarhizium anisopliae* links adhesion with
824 blastospore production and virulence to insects, and the MAD2 adhesin enables attachments to plants.
825 Eukaryotic. N 6:808–816.
- 826 Wang, D., Gong, P.Y., Li, M., Qui, X.H. y Wang, K.Y. (2013). “Sublethal effects of spinosad on
827 survival, growth and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae)” Journal of
828 Economic Entomology, Volume 106, Issue 4, Pages 1825–1831.
- 829 Wang, W., Mo, J., Cheng, J., Zhuang, P. y Tang, Z.(2006). Selection and characterization of spinosad
830 resistance in *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Pest Bioche Physiol. 84: 180-187.
- 831 Wanumen, A., Bajonero, J; Morales, J; Escobar A. (2011). Alternativas de manejo del gusano cogollero
832 del tomate *Tuta absoluta*. Revista Universidad Militar Nueva Granada. Cajicá. Colombia

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848 **Anexo 1. Encuesta**

849 Control biológico del insecto plaga *Tuta absoluta* en el cultivo de tomate

850 Maestría de Ciencias Ambientales

851 Universidad Jorge Tadeo Lozano

852 Responsable: Cenaida Bernal Roldán. Estudiante UJLT

853 Nota: los fines de esta encuesta son exclusivamente académicos para la tesis de grado de la estudiante.

854

855 **Objetivo:** Determinar si la población de las veredas San Rafael, El Trigo, Chiniata, Pajonal conoce sobre el tema de los
856 controladores biológicos en la agricultura.

857

858 1. Ha escuchado qué es control biológico?

859 Si: 34%

860 No: 66%

861 2. Si conoce mencione productos que sean controladores biológicos de

862 Hongos y bacterias: 0%

863 No: 100%

864 3. Conoce las condiciones específicas en que se deben utilizar los controladores biológicos?

865 Si: 25%

866 No: 75%

867 4. Ha usado insectos como controladores biológicos?

868 Si: 5%

869 No: 95%

870 5. Ha usado microorganismos para controlar insectos plaga?

871 Si: 10%

872 No: 90%

873 6. Conoce plagas de los cultivos?

874 Si: 83%

875 No: 17

876 7. Que productos ha utilizado para el control de insectos plaga?

877 Químico: 67 %

878 Orgánico: 10 %

879 Control biológico: 6 %

880 No responde: 17 %

881 8. Ha sembrado o trabajado en tomate?

882 Si: 42%

883 No: 58%

884 9. Conoce el insecto plaga *Tuta absoluta*?

885 Si: 12%

886 No: 88%

887 10. Considera que *Tuta absoluta* es un problema?

888 Si: 16%

- 889 No: 3%
- 890 No responde: 81%
- 891 11. Si ha usado controladores biológicos que ventaja y que desventaja ha observado?
- 892 Ventaja: no contamina el ambiente: 28%
- 893 No responde: 60%
- 894 Desventaja: su efectividad es lenta: 12%
- 895 12. Conoce daños causados por plaguicidas químicos?
- 896 Plantas y personas: 56%
- 897 No responde: 44%
- 898