

Capítulo III

Evaluación de la efectividad de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, en el control del gusano cogollero (*Chloridea tergeminata*) y del gusano cachón (*Manduca sexta*), plagas defoliadoras del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)

Uno de los más antiguos registros del control biológico microbiano en Colombia data de 1913. En ese registro, se obtuvieron buenos resultados utilizando la bacteria entomopatógena *Coccobacillus acridiorum* D'Herelle, en el control biológico de langostas dañinas, en el municipio de Guaduas, Cundinamarca (Howard, 1930). En la década de los noventa, se realizaron liberaciones inundativas de parasitoides para controlar los huevos del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en combinación con aplicaciones de un hongo entomopatógeno *Metarhizium rileyi* (Farl.) (Kepler, Rehner & Humber) y la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* Berliner, en un esquema de manejo integrado de plagas en el Valle del Cauca (García Roa et al., 1999). En Colombia, actualmente se producen varias especies de bacterias de manera comercial, entre ellas *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* (*Bta*) para el control de gusanos defoliadores y gusanos soldado, *B. thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) para el control de mosquitos, *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (*Btk*) para el control de larvas de lepidópteros y *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (*Bt*) para el control de ácaros fitófagos (Kondo et al., 2021). Se puede decir que la investigadora fue una de las personas pioneras en el uso del *B. thuringiensis* para controlar plagas lepidópteras en Colombia.

En este apartado, se presenta un estudio acerca de la efectividad de *Bacillus thuringiensis* sobre lepidópteros que la investigadora Fulvia García realizó después de pensionarse y el cual consideró más sencillo debido a su vasta experiencia, que fue significativamente valorada en el sector privado,

Me ayudó la Federación de Tabacaleros; me ayudó en el sentido de que creyó lo que yo había hecho con la cepa china, que fueron a comprar los señores donde yo estaba trabajando en Agrogen, muy buena. Yo la estaba evaluando para que el ICA le diera el visto bueno. Se hizo el trabajo que se relaciona ahí en las parcelas y demás. (Fulvia García, comunicación personal, 2022)

De esta manera, los resultados sobre la evaluación de la efectividad de Bacillus Agrogen WP (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) realizada

en campos tabacaleros colombianos permitieron recomendar su uso para el manejo biológico de las plagas defoliadoras del cultivo: *Chloridea tergemina* y *Manduca sexta*. La dosis recomendada debe fluctuar entre 400 y 600 g/ha; esto depende de la densidad de población y del tamaño de las larvas. Es necesario hacer una correcta aplicación para cubrir los tejidos de las plantas de los cuales se alimentan las larvas, ya que el producto biológico actúa por ingestión. Es muy importante la sincronización del umbral de daño con la presencia de larvas pequeñas de los defoliadores para optimizar el control. A partir de esta metodología se obtuvo un manejo biológico de *C. tergemina* y *M. sexta* que superó el 90% de eficacia del producto biológico, situación que fue complementada con la selectividad de *Bt* hacia los agentes de control biológico natural de las dos especies plaga.

Bacillus thuringiensis

El cultivo del tabaco es atacado por defoliadores que causan pérdidas considerables. Aquí, *Chloridea virescens* (Fabricius) (cogollero del tabaco) es considerada una de las plagas más importantes. El daño principal que causa *C. virescens* al tabaco es en la hoja, que es el producto comercial del cultivo, y donde resulta importante contar con cepas de *B. thuringiensis*, ya que esta muestra patogenicidad y se comporta virulenta y agresiva, de tal forma que en el menor tiempo posible la plaga deja de afectar el cultivo (Blanco et al., 2007).

“[...] es tan importante como *Trichogramma*, [...] pero la ayuda que me daba a mi *B. thuringiensis*, cuando yo veía que estaba abajo la acción de *Trichogramma*, que estaban saliendo gusanitos, entonces yo aplicaba *B. thuringiensis* que es un producto selectivo a la fauna benéfica”

Plagas del cultivo de tabaco

El cultivo del tabaco *Nicotiana tabacum* L. (Rubiaceae) en Colombia se encuentra especialmente en la región de la costa Atlántica y en los departamentos de Bolívar, Boyacá, Cauca, Huila, Santander y Valle del Cauca (Calderón Oviedo, 2015; Vanegas et al., 2022). La rentabilidad que reciben los cultivadores de esta solanácea depende de la clase de tabaco que se siembre. Se cultivan materiales de tabaco negro y tabaco rubio, y dentro de este, las clases Burley y Virginia, demandados por la industria de cigarrillos (Calderón Oviedo, 2015). Hay empresas promotoras del cultivo, con alternativas tecnológicas dirigidas a una mejor producción, las cuales asesoran y financian a los agricultores, así como a la comercialización de la cosecha. A pesar de la asistencia técnica que se entrega al agricultor, muchos de ellos continúan usando productos químicos de amplio espectro para solucionar problemas fitosanitarios.

Se han registrado en el cultivo de tabaco varias especies plagas, y son los insectos defoliadores los de importancia económica, pues atacan la parte comercial de las plantas. Entre los defoliadores está el gusano cogollero del tabaco *Chloridea tergemina* (Felder & Rogenhofer) (Lepidoptera: Noctuidae); el gusano cachón del tabaco *Manduca sexta* (Linnaeus) (Lepidoptera: Sphingidae), el gusano minador del tabaco o papelero *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) y el gusano esqueletizador del tabaco *Atomopteryx coelodactyla* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (Calderón Oviedo, 2015).

El minador *P. operculella* puede iniciar su ataque desde el semillero, continuarlo después del trasplante y presentar reducción en rendimientos por pérdida en el peso de las hojas, en el momento de la cosecha (Gamboa, 1987). El *A. coelodactyla* daña el cogollo de plantas jóvenes, se alimenta de las hojas maduras y puede causar graves pérdidas en el tabaco almacenado.

Las larvas de *C. tergemina* se observan unos pocos días después del trasplante, al localizarse en el cogollo de las plantas (Valderrama Olaya et al., 2006). Cuando las larvas están pequeñas, roen el tejido foliar y luego mastican el follaje; así, es posible observar el daño a medida que las hojas del cogollo van expandiéndose. Al examinar cuidadosamente los cogollos infestados se encuentra la larva adherida a estas estructuras, la cual presenta un color verde similar a los tejidos que está atacando. Su presencia se reconoce por los excrementos fácilmente observables. Su daño persiste durante todo el

desarrollo del cultivo, siendo más incidente en la etapa previa a la floración. Después del descope, puede haber reinfestación, ante la presencia de rebrotes; ataca también las inflorescencias. Estudios taxonómicos realizados en Colombia y Venezuela indican que *C. tergemina* es la especie de cogollero que ataca el tabaco (Fernández et al., 1990; García Roa, 1976). En otras partes del mundo, se registra a *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) como el gusano cogollero del tabaco, lo cual amerita una revisión. En Colombia, también se observan adultos de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) sobre los cogollos de las plantas de esta Solanaceae.

En el cultivo de tabaco, existen medidas restrictivas en el uso de productos insecticidas que dejen residuos tóxicos en la planta. Esta disposición oficial afecta mercados nacionales e internacionales del producto, ya que este puede ser rechazado y, por consiguiente, habría serias pérdidas para los productores. Es necesario encontrar alternativas que cumplan con las normas sanitarias y de salud establecidas, que respondan de manera eficiente a la regulación de los limitantes de la producción tabacalera.

El *B. thuringiensis* Berliner (Bacteria: Bacillales: Bacillaceae) es una alternativa reconocida mundialmente para el manejo de plagas defoliadoras del tabaco (Calderón Oviedo, 2015). La evaluación de una nueva cepa de *B. thuringiensis* contra las principales especies defoliadoras del cultivo, como son *Chloridea tergemina* y *Manduca sexta*, la determinación de su efectividad y selectividad hacia los agentes de control biológico natural, el estudio de la técnica de aplicación de acuerdo con el hábito de alimentación de cada especie plaga y las recomendaciones derivadas de este estudio serán de gran beneficio para el agricultor, que podrá manejar los problemas entomológicos del tabaco desde un enfoque más ecológico y más ajustado a las exigencias de calidad establecidas.

Pruebas de eficacia de Bacillus Agrogen WP para determinar su efectividad en el control de *Chloridea tergeminata* y *Manduca sexta*

La prueba de eficacia se realizó con una formulación comercial de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, conocida con el nombre de Bacillus Agrogen WP, sugerida a una concentración o potencia de 32.000 U.I./mg, y presentación en polvo mojable. La prueba se llevó a cabo en dos localidades, dentro de lotes comerciales de tabaco. La primera evaluación se hizo en el corregimiento de El Cabuyal, municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca, a una altitud de 1000 m s. n. m. y una temperatura promedio de 25 °C. La segunda evaluación fue localizada en el corregimiento de San Carlos, municipio de Puerto Tejada, departamento del Cauca, bajo condiciones de altitud y temperatura muy similares.

Se usó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por sitios de 25 plantas continuas. Para determinar la variabilidad de los resultados, los datos se sometieron a un análisis de varianza; asimismo, para separar las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de significancia de Duncan, y se usó la fórmula de Henderson y Tilton para determinar el porcentaje de eficacia de los tratamientos con respecto al testigo y así calificar la efectividad de cada tratamiento después de su aplicación.

El área experimental de los tratamientos fue de 56 m², que corresponden a cuatro surcos, dentro de los cuales se marcaron 25 plantas continuas por surco, para un total de 100 plantas por tratamiento. El área experimental total (224 m²) de cada evaluación fue demarcada en dos lotes comerciales de tabaco rubio Tn 90 tipo Burley, cuya densidad de población era equivalente a 16.600 plantas/ha sembradas a una distancia de 0,40-0,50 metros entre plantas y 1,20 metros entre surcos. Las plantas recibieron todas las labores de mantenimiento del cultivo propias de cada localidad, como riego, fertilización, manejo de malezas, manejo de enfermedades y descope. En la tabla 1, se presentan los tratamientos y las dosis aplicadas de Bacillus Agrogen WP (0,40; 0,50 y 0,60 kg/ha) para el control de las plagas defoliadoras del tabaco.

Tabla 1. Tratamientos y dosis de Bacillus Agrogen WP utilizados en el control de *Chloridea tergemina* y *Manduca sexta*

	Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis (kg/ha)	gr/trat.
1	Bacillus Agrogen WP	<i>B. thuringiensis</i> 32,000 UI/mg	0,60	3,36
2	Bacillus Agrogen WP	<i>B. thuringiensis</i> 32,000 UI/mg	0,50	2,80
3	Bacillus Agrogen WP	<i>B. thuringiensis</i> 32,000 UI/mg	0,40	2,24
4	Testigo			

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la fluctuación poblacional de cada una de las especies defoladoras, se hicieron monitoreos periódicos (dos o tres/evaluaciones/semana). Como parámetro de evaluación de la densidad de población de *C. tergemina* y *M. sexta*, se usó el número de larvas encontradas al revisar las 25 plantas continuas de cada repetición. En todas las plantas revisadas por tratamiento (100 plantas), se cuantificó el número de larvas de las dos especies defoladoras, antes y después de cada aplicación. Cuando el umbral de daño económico fue igual o superior a cinco larvas de las dos especies, en 100 plantas examinadas, se ordenó la aplicación del tratamiento o de los tratamientos. Las evaluaciones se iniciaron a partir del trasplante y se continuaron hasta la etapa previa a la cosecha.

Al examinar las plantas para cuantificar las larvas, se hizo una revisión directa al cogollo, en el cual se encuentran las larvas de *C. tergemina*. Simultáneamente se examinaron las hojas de las plantas, por el haz y el envés para cuantificar las larvas de *M. sexta* y se determinó el estado de desarrollo de estas. Los datos del monitoreo sobre número de larvas vivas de las dos especies defoladoras se consignaron en hojas de recuento, y en estas se detalló el método de evaluación, la edad de las plantas después del trasplante, el estado de desarrollo de las larvas y la presencia de oviposición y de agentes benéficos.

Cuando el umbral de daño establecido superó el nivel de cinco larvas de *C. tergemina* y de *M. sexta* en las 100 plantas revisadas por tratamiento, se ordenó la aplicación del tratamiento respectivo, con una bomba RoyalCondor, accionada con palanca, con una presión aproximada de 30 lb/pg² y boquilla de cono genuina. El equipo fue calibrado antes de cada aplicación para lograr

una buena cobertura del cogollo y de las hojas de las plantas. El gasto por hectárea durante la primera etapa del cultivo ascendió a 700 litros. Cuando las plantas estaban en pleno desarrollo, el volumen de agua por hectárea superó los 1000 litros. En cada aplicación, el pH del agua se ajustó a 6, y se adicionó un gramo de Cosmo-aguas por litro. Después de regular el pH, se agregó un coadyuvante (Carrier o Inex), un ml/L de agua y finalmente se mezcló el producto biológico. Las aplicaciones se hicieron en tiempo de baja radiación solar, entre las 6:00 a. m. y las 9:00 a. m. o después de las 4:00 p. m.

Antes de la aplicación y después de uno, dos, cuatro y hasta diez días después de la aplicación, se hicieron monitoreos de *C. tergemina* y de *M. sexta* para describir los signos y síntomas de intoxicación de las larvas por *Bacillus Agrogen WP* y para calificar el control. Se registró la presencia de agentes benéficos y plagas secundarias, como también la incidencia de lluvias durante el periodo de las evaluaciones.

Para calcular el porcentaje de eficacia de los tratamientos, se empleó la fórmula de Henderson y Tilton:

Según Henderson y Tilton, el % de eficacia $= \frac{1 - (td \times Ta)}{ta \times Td} \times 100$

ta = número de larvas de *Chloridea tergemina* o *Manduca sexta* en el tratamiento, antes de la aplicación.

td = número de larvas de *Chloridea tergemina* o *Manduca sexta* en el tratamiento, después de la aplicación.

Ta = número de larvas de *Chloridea tergemina* o *Manduca sexta* en el testigo, antes de la aplicación.

Td = número de larvas de *Chloridea tergemina* o *Manduca sexta* en el tratamiento testigo, después de la aplicación.

Los porcentajes de eficacia, junto con los resultados del análisis de varianza y la prueba de significancia de Duncan, permitieron calificar el comportamiento de los tratamientos y seleccionar aquellos que mostraron mayor efectividad cuando fueron comparados entre sí y con el tratamiento testigo.

Para el reconocimiento y la evaluación de la actividad de agentes benéficos en la reducción poblacional de *Chloridea tergemina* y de *Manduca sexta*, y para calificar la selectividad de Bacillus Agrogen WP sobre estas especies benéficas, se hicieron observaciones y evaluaciones en el campo en cada fecha de monitoreo, donde se examinaron las plantas y las larvas encontradas. En este proceso se detallaron, en lo posible, la familia, el género y las especies presentes de parasitoides, depredadores y entomopatógenos.

El análisis y la discusión de los resultados de la aplicación de Bacillus Agrogen WP para el control de *C. tergemina* y *M. sexta* se presentan de forma separada por localidad. La calificación del porcentaje de eficacia de los tratamientos y el análisis estadístico de los datos de infestación (número de larvas vistas en las plantas) en cada localidad y en cada fecha se hicieron de manera conjunta para las dos especies defoliadoras.

Localidad de El Cabuyal en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca

En esta localidad, las lecturas o el monitoreo de las plagas defoliadoras del tabaco *C. tergemina* y *M. sexta* se iniciaron después de 45 días de haber sido trasplantadas las plantas. En esta fecha, la población de larvas de I y II instar, de las dos especies defoliadoras, superaba el umbral de daño establecido en los tres tratamientos, por lo que se ordenó la primera aplicación de Bacillus Agrogen WP. Después de 24 horas de la aplicación había descendido la población de larvas en los tres tratamientos, y se encontraron larvas pequeñas muertas y otras con signos y síntomas de intoxicación por *B. thuringiensis*.

Las larvas muertas, además de su quietud, presentaban coloración oscura; las larvas afectadas o intoxicadas por el producto biológico se reconocían por la lentitud en su desplazamiento, su decoloración y la presencia de manchas oscuras en su cuerpo; además, se observó daño viejo en el cogollo y cambio de ubicación de las larvas enfermas con respecto al sitio inicial donde habían sido detectadas. Cuando mueren las larvas, estas quedan suspendidas por el envés de las hojas, en especial las larvas de *Manduca*, o adheridas al follaje, cerca al cogollo, como es el caso de *C. tergemina*. En el testigo, la población de larvas se incrementó, lo cual marcaba, estadísticamente, una diferencia altamente significativa con los tratamientos.

Al calificar la efectividad de los tratamientos cuatro días después de la aplicación, periodo durante el cual la mayor población de las larvas intoxicadas de *C. tergemina* y *M. sexta* habían muerto, se encontró que el porcentaje de eficacia en el tratamiento 1 (Bacillus Agrogen WP 600 g/ha) alcanzaba un 86 %, seguido de los tratamientos 2 (Bacillus Agrogen WP 500 g/ha) y 3 (Bacillus Agrogen WP 400 g/ha), cuyo porcentaje de eficacia fue de 63 % y 66 %, respectivamente. Si bien el tratamiento 2 había presentado un porcentaje de eficacia de 81 % 24 horas después de la primera aplicación, el descenso en el control estuvo relacionado con la continua oviposición y el nacimiento de larvas de *C. tergemina* y *M. sexta* que ocurre en las plantas de tabaco al ofrecer tejidos nuevos (cogollo y hojas superiores), donde los adultos de estas plagas ovipositan.

Seis días después de la aplicación, el tratamiento 1 mantuvo excelente control de las dos especies defoliadoras, con un porcentaje de eficacia del 83 %; por su parte, la efectividad de los tratamientos 2 y 3 incrementó, pues pasó a 68 % y 77 %, respectivamente. Esta situación puede relacionarse con la ingestión del producto biológico por nuevas larvas de *C. tergemina* y *M. sexta* que nacieron después de la aplicación y que pudieron intoxicarse al consumir tejidos de la planta sobre los cuales se había realizado una correcta aplicación.

En la evaluación que se hizo diez días después de la aplicación, el tratamiento 1 conservó un porcentaje de eficacia aceptable del 74 %. Los tratamientos 2 y 3 fueron estadísticamente iguales al testigo. Lo anterior se explica por el alto nacimiento de larvas de *C. tergemina* y especialmente de *M. sexta*, cuya infestación en la fecha ascendía a 30 larvas de I y II instar en 100 plantas en el tratamiento 2 y 38 larvas en el tratamiento 3, mientras que en el testigo predominaban las larvas de *C. tergemina* en diferentes estados de desarrollo. Además de la alta población de larvas, habían transcurrido diez días de la aplicación del producto biológico. La anterior situación de infestación por larvas, acompañada de la alta población de huevos de *M. sexta* y posiblemente la alta oviposición de *C. tergemina*, cuyos huevos son de difícil detección en los tejidos del cogollo de la planta de tabaco, justificó la segunda aplicación de todos los tratamientos. Para ese momento, las plantas tenían 58 días de estar trasplantadas.

En los monitoreos realizados 24 y 48 horas después de la segunda aplicación de los tres tratamientos, se observó una alta susceptibilidad en larvas pequeñas de *M. sexta* y de *C. tergemina*, las cuales exhibían signos característicos

de intoxicación por *Bt*. Cinco días después de la segunda aplicación, los tres tratamientos tuvieron un comportamiento estadístico similar, al reducir de forma significativa la población de larvas, en contraste con el tratamiento testigo, con el cual se incrementó notablemente la infestación. Apesar de la alta población de larvas, especialmente de *M. sexta*, registrada antes de la aplicación en los tratamientos 2 y 3, el porcentaje de eficacia en estos tratamientos alcanzó niveles muy satisfactorios: 93% y 95%, respectivamente. Con el tratamiento 1, el porcentaje de eficacia alcanzó un 73%, pero la continuidad en la oviposición de las especies defoliadoras mantuvo una población de larvas que superó nuevamente el umbral de daño establecido (5 larvas en 100 plantas); esto justificó la tercera aplicación de los tratamientos 2 y 3 cuando las plantas tenían 65 días de trasplantadas, y la aplicación del tratamiento 1, dos días después cuando las plantas tenían 67 días de trasplantadas.

Las lecturas de monitoreo que se hicieron 24 y 48 horas después de estas aplicaciones indicaron la expresión de signos y síntomas de intoxicación de las larvas por *Bt*. Estadísticamente hubo diferencias muy significativas de los tratamientos con respecto al testigo. Al calificar la eficacia de los tratamientos 2 y 3 cinco días después de realizar su aplicación, se encontró un porcentaje de eficacia de 83% y 100%, respectivamente; tres días después de la aplicación del tratamiento 1, su porcentaje de eficacia ascendía a 91%.

Los resultados anteriores demuestran que las tres dosis de Bacillus Agrogen WP, correctamente aplicadas, ejercen un excelente control de *C. tergemina* y de *M. sexta*, pero es muy importante dirigir las aplicaciones cuando las larvas de estos defoliadores están pequeñas; de esta manera, se evita que larvas grandes, más voraces, causen daño económico al follaje del tabaco. Cabe anotar también la necesidad de hacer un seguimiento o monitoreo muy frecuente, en especial si se observa alta oviposición; actividad que permitirá registrar larvas en sus primeros instares o primeros estados de desarrollo. Esta información de campo advierte el umbral de daño y asegura un manejo oportuno de las plagas; así, se logró sincronizar el momento de la aplicación con el tamaño de larvas pequeñas, lo cual a su vez puede incrementar la efectividad del producto biológico.

Cuando las plantas tenían 72 días de trasplantadas, la infestación por *M. sexta* en el tratamiento 2 superaba el umbral de daño, por lo que se debió ordenar su aplicación cuando las plantas tenían 73 días de trasplantadas. Los tratamientos

1 y 3 mantenían un porcentaje de eficacia del 100% después de 5 días de aplicado el tratamiento 1 (*Bacillus Agrogen WP 600 g/ha*) y de 7 días de aplicado el tratamiento 3 (*Bacillus Agrogen WP 400 g/ha*). Las evaluaciones hechas a las 24 y 48 horas después de la aplicación del tratamiento 2 mostraron una alta mortalidad de larvas y el proceso de su intoxicación. Cinco días después de la aplicación, el porcentaje de eficacia en el tratamiento 2 fue del 100% mientras que el tratamiento 1, once días después de su aplicación, mantenía un 79% de eficacia, y el tratamiento 3, después de 13 días de su aplicación, conservaba también un porcentaje de eficacia de 84%. En el tratamiento testigo, las últimas evaluaciones mostraron infestaciones de una a dos larvas grandes de *C. tergemina* y de *M. sexta* por planta, que produjeron un daño severo al follaje.

Las evaluaciones o los monitoreos realizados en la localidad de El Cabuyal a partir de los 45 días del trasplante hasta cuando las plantas de tabaco tenían 78 días de trasplantadas demostraron que las especies defoliadoras del tabaco *C. tergemina* y *M. sexta* mantienen una alta incidencia durante todo el desarrollo de las plantas, en las cuales predomina el *C. tergemina* o gusano cogollero en la etapa inicial, hasta floración; de esta manera, se incrementa la población del gusano cachón o *M. sexta* a partir del descope de las plantas. Las dos especies pueden encontrarse en la etapa final del cultivo, cuando por fallas en la labor de descope las plantas vuelven a formar rebrotes.

Durante el lapso anterior de 33 días de infestación por *C. tergemina* y *M. sexta* las parcelas de evaluación de los tratamientos presentaron niveles de infestación altos: se contabilizaron 46 larvas de estos defoliadores en 100 plantas, cuando tenían 56 días de trasplantadas. En las parcelas del testigo, que no recibieron ningún tipo de control, se incrementó de manera notable la población de larvas, y se encontró una infestación de hasta 130 larvas en 100 plantas revisadas 70 días después del trasplante.

La situación anterior, analizada a partir del criterio de umbral de daño (5 larvas en 100 plantas), obligó a realizar de tres a cuatro aplicaciones de los tratamientos con el producto biológico *Bacillus Agrogen WP*. En la figura 3 se presentan los porcentajes de eficacia de los tratamientos durante el tiempo de las evaluaciones, los cuales están avalados por los resultados estadísticos. Así, los tres tratamientos, en dosis de 600 g/ha (tratamiento 1), 500 g/ha (tratamiento 2) y 400 g/ha (tratamiento 3) fueron estadísticamente diferentes al testigo después de iniciar las aplicaciones y marcaron una diferencia altamente significativa en la reducción de las poblaciones de las especies defoliadoras.

Al comparar las medias de infestación de los tratamientos y el testigo (prueba de significancia de Duncan) se encontró que las tres dosis de Bacillus Agrogen WP mostraron una efectividad muy similar en el control de *C. tergemina* y *M. sexta*, con porcentajes de eficacia que llegaron a niveles de 90% y 100%. Con esto se protegió a las plantas durante dos semanas, principalmente hacia el final del cultivo (figura 3).

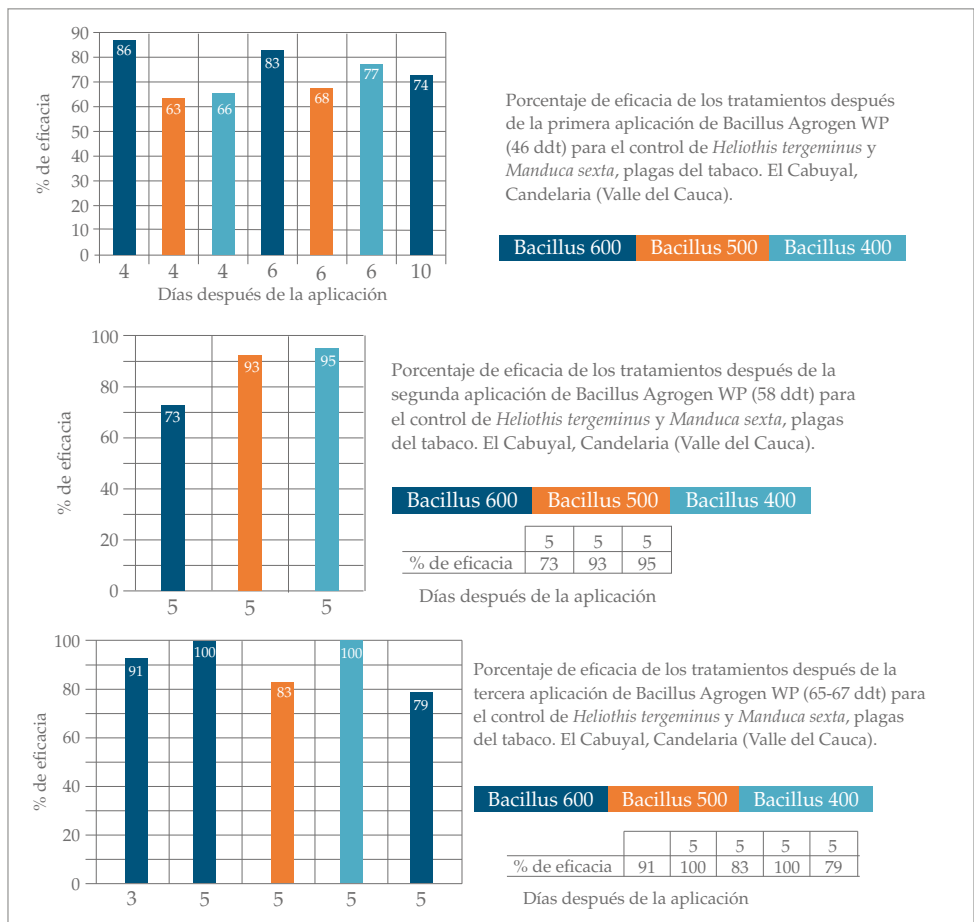


Figura 3. Evaluación de la eficacia de Bacillus Agrogen WP contra las plagas defoliadoras del tabaco, *Chloridea tergemina* y *Manduca sexta*, después de las aplicaciones del producto biológico. El Cabuyal, Candelaria (Valle del Cauca).

Fuente: Elaboración propia

En el momento de la cosecha, las hojas de las plantas de los tres tratamientos presentaban una alta sanidad comparativamente con las hojas del tratamiento testigo, las cuales mostraron daño severo por los defoliadores.

Localidad de San Carlos, Puerto Tejada, Cauca

El monitoreo de las plantas de tabaco para registrar la población de larvas de *C. tergemina* y *M. sexta* en la localidad de San Carlos, municipio de Puerto Tejada, departamento del Cauca, se inició cuando las plantas tenían 60 días después del trasplante y se encontraban en la etapa de floración. La infestación de larvas estuvo constituida especialmente por *C. tergemina*, en diferentes estados de desarrollo (I, II, III, y IV instar), en los cuales predominaban los dos primeros instares. El umbral de daño superaba el establecido en los tres tratamientos, razón por la cual se justificó la aplicación del producto biológico cuando las plantas tenían 61 días de ser trasplantadas.

A pesar de que hubo una lluvia ligera cinco horas después de la aplicación, el monitoreo que se realizó al transcurrir 24 horas registró larvas intoxicadas y muertas. Cuatro días después de la aplicación se calificó el control, y se halló una alta efectividad de Bacillus Agrogen WP, con porcentajes de eficacia de 100% para los tratamientos 1 y 3, y de 85% en el tratamiento 2. Siete días después de la aplicación, los porcentajes de eficacia permanecieron en 100% en los tratamientos 1 y 3, y en el tratamiento 2 se incrementó a 96%. En el testigo, la población de larvas de *C. tergemina* y *M. sexta* mostró incremento. Estos resultados vuelven a confirmar la eficacia del control de Bacillus Agrogen WP cuando se hace una correcta aplicación del producto biológico, en la cual se tiene como base la sincronización del umbral de daño, con la presencia de larvas pequeñas de los defoliadores. En este caso, podemos anotar el buen control de Bacillus Agrogen WP ejercido también sobre larvas medianas y grandes de *C. tergemina*, y la prolongada protección que brinda el producto biológico contra las plagas lepidópteras (figura 4).

Cuando las plantas tenían 87 días de haber sido trasplantadas recibieron la segunda aplicación de los tratamientos 1 y 2, pues presentaron una infestación alta de larvas en todos los estados de desarrollo, con predominio de larvas de II y III instar, de las dos especies de defoliadores. La infestación en el tratamiento 2 no alcanzaba en el momento el umbral de daño de cinco larvas en 100 plantas, por lo cual este tratamiento no se aplicó. Cuatro horas después de la aplicación se presentó una lluvia cercana a 10 mm. Al calificar el control dos días después de la aplicación se observó que la lluvia no había afectado la mortalidad de las larvas; de esta manera, se encontró un porcentaje de

eficacia de 97% en el tratamiento 1 (600 g/ha de Bacillus Agrogen WP) y de 96% en el tratamiento 3 (400 g/ha de Bacillus Agrogen WP).

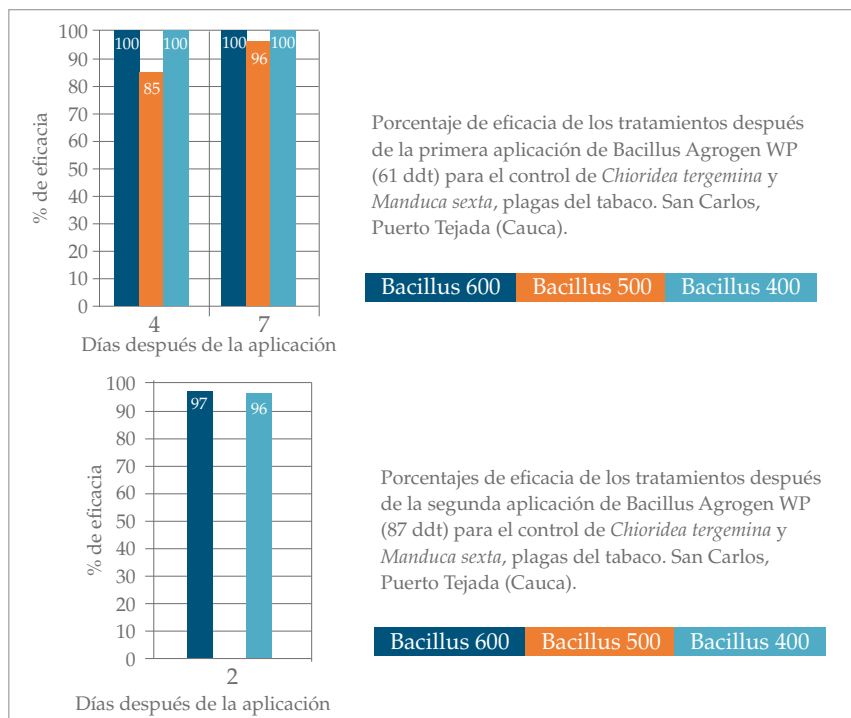


Figura 4. Evaluación de la eficacia de Bacillus Agrogen WP contra las plagas defoliadoras del tabaco, *Chloridea tergemina* y *Manduca sexta*, después de aplicar el producto biológico. San Carlos, Puerto Tejada (Cauca).

Fuente: Elaboración propia

El magnífico control ejercido por los tres tratamientos de Bacillus Agrogen WP en la localidad de San Carlos, en las dos aplicaciones que superaron niveles de eficacia de 85%, hasta llegar a un 100% una semana después de hecha la aplicación, permite determinar que la dosis que se use debe fluctuar entre 400 y 600 gramos de Bacillus Agrogen WP por hectárea, dependiendo del grado de infestación y del tamaño de larvas.

Además de la calificación de la efectividad de los tratamientos según el porcentaje de eficacia (figura 4), los resultados están avalados estadísticamente, lo que demuestra que existen diferencias muy significativas entre el comportamiento de los tratamientos con Bacillus Agrogen WP y el tratamiento

testigo. De acuerdo con la prueba de significancia de Duncan, las tres dosis de Bacillus Agrogen WP mostraron una efectividad similar en el control de *C. tergemina* y *M. sexta* como plagas defoliadoras del tabaco.

Selectividad de Bacillus Agrogen WP hacia los agentes de control biológico natural de *Chloridea tergemina* y *Manduca sexta* en tabaco

En las dos localidades, en especial hacia el final del periodo vegetativo, se pudieron reconocer varias especies benéficas que actuaban sobre las dos plagas defoliadoras. Como parasitoide más importante de larvas de *Manduca sexta* se encontró el parasitoide *Apanteles* sp., posible *congregatus* (Hymenoptera: Braconidae), el cual se observó parasitando larvas medianas y grandes. El *Campoletis* sp., posible *sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae), fue el parasitoide más importante de larvas pequeñas de *C. tergemina* hallado en la localidad de San Carlos, con un parasitismo natural que ascendió al 30%, el cual pudo determinarse en el campo al revisar de forma aleatoria el cogollo de plantas para contabilizar las larvas presentes de *C. tergemina* y el número de estados biológicos del parasitoide.

La presencia de estos dos agentes benéficos y el incremento de su actividad sobre las larvas de los defoliadores que se encontraban en las plantas del testigo y en las plantas de los tratamientos que recibieron aplicaciones de Bacillus Agrogen WP comprueban la alta selectividad del producto biológico hacia los reguladores naturales de control. Además de los anteriores benéficos, se pudo reconocer la actividad depredadora de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), en la cual se interactuaba con larvas de especies de moscos depredadores de la familia Syrphidae en el control de áfidos y con adultos de depredadores de larvas lepidópteras, entre los que se destacan *Polistes erythrocephalus* (Latreille) (Hymenoptera: Vespidae), *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) y varias especies de arañas (Arachnida: Araneae).

Es importante destacar que esta fauna benéfica puede incrementarse y diversificarse en lotes comerciales de tabaco si los agricultores eliminaran el uso de insecticidas de amplio espectro y utilizaran alternativas selectivas como el *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Referencias

- Blanco, C. A., Terán-Vargas, A. P., López Jr., J. D., Kauffman, J. V., & Wei, X. (2007). Densities of *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in three plant hosts. *Florida Entomologist*, 90(4), 742-750. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[742:DOHVAH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[742:DOHVAH]2.0.CO;2)
- Calderón Oviedo, G. R. (2015). *Sector tabacalero: caracterización ocupacional*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Fernández, Y., Clavijo, J., & Romero I. (1990). Especies del complejo *Heliothis virescens* (Fabricius, 1977) (Lepidoptera: Noctuidae) y sus plantas hospederas en Venezuela. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 16, 169-175.
- Gamboa, P. (1987). Biología y comportamiento del minador de la hoja del tabaco *Phthorimaea operculella* (Zeller). XII Jornadas Agronómicas. Maracay (Venezuela).
- García Roa, F. (1976). El complejo *Heliothis*, sus huéspedes y sus hábitos. *Revista Colombiana de Entomología*, 2(3), 75-94. <https://doi.org/10.25100/socolen.v2i3.10415>
- García Roa, F., Mosquera, A. T., Vargas S., C. A., & Rojas A., L. (1999). Manejo integrado del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [Boletín divulgativo n.º 265]. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1163>
- Howard, L. O. (1930). *A history of Applied Entomology (Somewhat Anecdotal)*. Smithsonian Institution.
- Kondo, T., Manzano, M. R., & Cotes, A. M. (2021). Control biológico en Colombia. En J. C. van Lenteren, V. H. P. Bueno, M. G. Luna, & Y. C. Colmenarez (Eds.), *Control biológico en América Latina y el Caribe: su rica historia y futuro brillante* (pp. 131-172). Editorial Acribia S. A.
- Valderrama Olaya, K., Valencia Pizo, E., & Granobles Cruz, J. (2006). *Diseño e implementación de un manejo integrado de plagas - MIP para el cultivo del tabaco (Nicotiana tabacum) en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR); Bayer CropScience S. A. <http://biblioteca.digital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4113/1/001.pdf>
- Vanegas, D. M., Navarro, R. A., Alfánador, L., Gutiérrez, J. A., Morales, J. G., & Gaviria, B. M. (2022). Characterization of *Phytophthora nicotianae* isolates from tobacco plants (*Nicotiana tabacum*) in Colombia. *Revista Ceres*, 69(1), 78-91. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202269010011>

Semblanzas a la investigadora Fulvia García Roa

Cuando arribé al Centro Nacional de Investigación Palmira, en 1984, encontré un maravilloso escenario de investigación, todavía impregnado del impacto generado por la revolución verde a través de cultivos tan importantes como el arroz, el maíz y el frijol. Pero era también muy evidente que el centro de investigación ya había detectado, a través de sus investigadores, que el siguiente reto estaría en el manejo integrado de plagas en esos cultivos de alta productividad. Desde entonces, Fulvia y su equipo de trabajo venían generando la información necesaria para complementar los grandes avances científicos de la época con la identificación y caracterización de plagas, así como su manejo integrado. Su espíritu y su gran capacidad de observación le advirtieron que había que pasar del manejo químico de plagas al control biológico a partir de diversas estrategias. Fue así como abordó con entusiasmo la generación de conocimiento en la aplicación del control biológico para cultivos tan importantes como el arroz, el maíz, el frijol, el algodón, el cacao y varios frutales de importancia económica en Colombia.

Tuve la fortuna de ser su compañero, más bien su alumno, por un corto periodo entre 1984 y 1986, haciendo frente a epidemias tan devastadoras como el complejo *Sogatya-VHB* en arroz. Conocí su inmensa calidad humana, pero también su espíritu de maestra, que le permitió escribir y enseñar a varias generaciones de investigadores y productores, yendo a los más distantes confines del país a mostrar el producto de su trabajo. Por esta razón, AGROSAVIA quiere reconocer a la investigadora Fulvia García como un ícono de la investigación entomológica en Colombia y destacarla como un ejemplo para las generaciones actuales y futuras de investigadores en el sector agropecuario.

A Fulvia García Roa en su homenaje de reconocimiento a su trabajo por ser pionera del control biológico de plagas agrícolas en Colombia.

Diego Aristizábal Quintero
Director Centro de Investigación Palmira, AGROSAVIA



Cuatro ninfas de un chinche depredador, probablemente *Podisus* sp.
(Hemiptera: Pentatomidae) devorando a un chinche adulto de otra familia.