

Interacciones poblacionales entre áfidos y sus enemigos naturales en algodónero, en dos zonas del Tolima

Population interactions between aphids and their natural enemies in cotton, in two Tolima zones

Rodrigo Vergara Ruiz ¹
Pedro Edgar Galeano O. ²

Resumen

La comprensión de las interacciones de los insectos fitófagos con sus enemigos naturales es una base fundamental para la elaboración de planes de manejo de poblaciones de insectos. En el algodónero, los áfidos pueden constituirse en un problema o servir de dieta natural para el establecimiento de insectos parasitoides y depredadores. En lotes comerciales de algodón ubicados en Armero y Espinal (Tol.), en zonas correspondientes al bosque seco tropical, se adelantaron visitas semanales desde una semana antes de la siembra, durante todo el ciclo de cultivo hasta la cosecha e inclusive en la época de soca, para estudiar la interacción de los áfidos y sus controladores naturales. El trabajo se hizo en 1991A, tomando 20 sitios por hectárea, y en cada uno de ellos, dos hojas al azar del tercio superior de la planta evaluada. Se realizaron conteos visuales de depredadores y se cuantificaron, en el laboratorio, los parasitoides, patógenos y áfidos de cada muestra. En cada visita se establecieron los valores de los parámetros climáticos para efectuar un análisis de regresión. Así mismo se calculó la distribución espacial de los áfidos y se determinó su nivel de daño económico. Los resultados demostraron la predominancia del pulgón del algodónero, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), y de las especies benéficas: *Coleomegilla maculata* DeGeer, *Cycloneda sanguinea* (L.) y *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae); *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) y *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). Cuando la acción es conjunta, los parámetros climáticos dinami-

zan la interacción, pero al actuar independientemente su efecto se alterna de lo positivo a lo negativo. La distribución espacial de los áfidos es en agregados y los niveles de daño sólo se alcanzaron en el 10% de las evaluaciones.

Palabras claves: Algodonero, Afidos, Enemigos naturales, Dinámica de poblaciones.

Summary

Understanding the interactions of phytophagous insects with their natural enemies is a fundamental basis to elaborate schemes for insect population management. Aphids in the cotton crop may constitute a problem or serve as a natural diet for the establishment of parasitoids and predator insects. To study the interactions between aphids and their natural enemies, weekly visits were carried out in commercial plots of cotton crops located in Armero and Espinal (Tol.) corresponding to areas that are part of the tropical dry forest. These visits were done from a week before planting, during the crop's life cycle until the harvest time and even at ratoon time. This work was realized in 1991A by taking 20 sites per hectare and in each of them, two leaves at random from the upper third of the evaluated plants. Predators were counted visually. Parasitoids, pathogens and aphids from each sample were quantified in the laboratory. Values of the climatic parameters were established in each visit to make a regression analysis. Aphids spatial distribution was also calculated as well as their economic threshold. The results demonstrated that *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) and the benefic species *Coleomegilla maculata* DeGeer, *Cycloneda sanguinea* (L.) and *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae); *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) y *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) were the predominant. When they act together, the

climatic parameters make the interaction work but if there is an independent action its effect alternate from positive to negative. Aphids spatial distribution is in groups or aggregates and injury levels were reached only in the 10% of the evaluations.

Key words: Aphids, Natural enemies, Population dynamics, Cotton.

Introducción

Diferentes factores condicionan los procesos de producción agrícola en Colombia y, específicamente, los cultivos presentan múltiples variables que inciden en el aprovechamiento óptimo de los productos a cosechar. En el caso del algodónero, quizás el de mayores costos de producción entre los cultivos semestrales, los problemas fitosanitarios son un limitante de innegable importancia económica.

En algodónero, los insectos-plagas se constituyen en el grupo de organismos que demanda mayor atención por parte de agricultores y técnicos. Los áfidos (Homoptera: Aphididae) forman un complejo insectil que se ha considerado con diferentes criterios en las zonas algodonereras. Algunas personas señalan que estos insectos chupadores pueden tolerarse en los cultivos bajo la presunción de que son presa de enemigos naturales o de factores abióticos, mientras otras sostienen la imperiosa necesidad de implementar aplicaciones de insecticidas, lo cual ha generado con frecuencia, en el país, un uso indiscriminado de estos productos, causando así un mayor desequilibrio del agroecosistema y afectando los ingresos del productor.

En el país, los áfidos no se han estudiado con relación a la dinámica de su población, para precisar sus reales niveles de daño y, aún menos, para conocer su comportamiento y correlación con los enemigos naturales. Por estos aspectos y debido al manejo equivocado de estos insectos, se decidió programar esta investigación para conocer en detalle las especies involucradas, los cambios en sus poblaciones y la interacción con sus enemigos naturales durante la cosecha del primer semestre de 1991, en las zonas algodonereras de Armero y Espinal (Tol.).

¹ Ingeniero Agrónomo. M. Sc. Profesor Entomología. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

² Tecnólogo Agropecuario. Universidad del Tolima. Ibagué.

Revisión de literatura

A nivel mundial, los áfidos se han estudiado intensivamente por muchos años, debido a que se presentan como serias plagas de varias de las plantas cultivadas, no sólo en forma directa sino también como vectores de virus (Yano y Miyake 1983). Postali (1977) complementa la descripción del daño directo de los áfidos en las plantas cultivadas diciendo que los tejidos vegetales son dañados por la constante succión de savia y por la introducción de toxinas salivares durante la alimentación.

Según Kolbe, citado por Guio et al. (1986), los áfidos causan daños por succión directa en las plantas, cuyos detrimentos en los rendimientos alcanzan hasta un 25% en cultivos como papa, remolacha, lulo y frutales, lo cual es causado por la alta capacidad reproductiva y la ausencia de un control óptimo de las poblaciones nocivas. Agrega Bustillo (1989) que el principal vector o transmisor de las enfermedades virosas de la papa es el pulgón verde de la papa, *Myzus persicae* (Sulzer), que un vector menos eficiente es el pulgón de la yuca, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) y que ambos transmiten el virus del enrollamiento de la hoja y el virus «Y» de la papa, el cual también es transmitido por el pulgón del algodón, *Aphis gossypii* Glover.

M. persicae, señalado en el trabajo de Guio et al. (1986) como uno de los cuatro áfidos de mayor importancia económica dentro de los 28 que transmiten enfermedades de tipo viral en Colombia, tiene un sitio de importancia como plaga del cultivo del algodón y es señalado como el responsable de la aplicación de controles de tipo químico en el cultivo de la papa, para reducir las altas poblaciones en la república de Argentina.

Harper (1978) indica que dentro de una misma especie vegetal existen variedades que no son tan severamente dañadas por los áfidos, como ocurre en el caso de los áfidos que atacan la alfalfa. Al describir la importancia de los áfidos en el algodón, Nakano et al. (1981) dicen que *A. gossypii* es el responsable de la transmisión de virus al algodón y puede reducir la producción en un 10%, siendo

importante durante todo el desarrollo vegetativo del cultivo al aparecer sobre plantas desde la germinación, el desarrollo de las plántulas y permanecer en él hasta la cosecha. Los mismos autores, al citar a Calcagnolo y Saver, muestran que cuando este áfido del algodón permaneció sin control durante todo el período del cultivo, redujo la producción hasta en un 44%, dependiendo del grado de infestación, medido por el número de pulgones por unidad de área foliar.

En el Perú, en algunas regiones de Bagua y el Valle del Chira, debió considerarse a *A. gossypii* como una de las plagas de mayor importancia económica en la campaña algodonera de 1962, obligando, en algunos casos, al uso de insecticidas sistémicos y a base de rotenona, cuando los organismos y demás factores naturales no fueron suficientes para controlarlo; sin embargo, altas poblaciones de este áfido no surgieron en las demás zonas algodoneras del Perú (Guio et al. 1986).

Según Vélez (1985), el *A. gossypii* es común en todas las zonas algodoneras colombianas, frecuente en todos los climas y presente en un gran número de plantas hortícolas, ornamentales y frutales, además de ser una especie ampliamente distribuida en América, Europa, Asia y Australia. Su importancia económica radica en la extracción de savia de la planta, la contaminación de la fibra de algodón y ser vector de enfermedades virosas.

En cuanto a los huéspedes primarios, Bustillo (1989) dice que el de *A. gossypii* es el algodón (*Gossypium hirsutum* L.), el de *M. euphorbiae* es *Euphorbia maculata* DeGeer y el de *M. persicae* el *Prunus persica* (L.) Batsch. Las tres especies han sido reportadas en cultivos de papa en la mayoría de los países de Latinoamérica.

Bustillo y Sánchez (1981) encontraron que los tres pulgones más típicos en los cultivos de algodón son: *A. gossypii*; *M. euphorbiae* y *M. persicae*, los cuales también se presentan en la mayoría de cultivos del país, junto con *A. spiraecola* (Patch), *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) y *Sipha flava* (Forbes). Según Yano y Miyake (1983), en una determinación de

los áfidos del arroz, también se reporta a *A. gossypii* atacando este cultivo; y en Colombia, Acevedo (1991) halló sobre cultivos de tomate de árbol a *A. gossypii* incidiendo económicamente.

Para Holman (1974), la importancia de los pulgones en las plantas cultivadas radica en su acción como vectores de virus, más que en su daño directo, el cual es a menudo olvidado, y señala que en Cuba, *M. persicae* transmite más de 100 virus en plantas y que *A. gossypii* y *M. euphorbiae* pueden transmitir aproximadamente 60 virus.

Guzmán (1970) describe como un daño de *A. gossypii* en algodón, el arrugamiento o encrespamiento de las hojas al picar y chupar sobre el envés, y al igual que García (1989), anota como síntoma del daño de esta especie, la presencia de una sustancia azucarada conocida como melaza, excretada a través de los cornículos, la cual cae sobre las hojas favoreciendo el desarrollo de fumagina, hongo este que tapa los estomas e impide la transpiración, causando la caída de las hojas y afectando también la calidad de la fibra cuando se presenta tardíamente.

La introducción de nuevos criterios en la determinación del daño económico favoreció a *A. gossypii*, puesto que antes se consideraba como un serio limitante del algodón, y pasó no sólo a ser una plaga secundaria sino también una presa importante para la sobrevivencia de un gran número de insectos depredadores de esta y otras plagas (García 1989). Esta autora continúa anotando que los pulgones del algodón presentan sus poblaciones más altas dentro de los primeros 30 días del cultivo, a pesar de presentarse durante todo el período vegetativo.

Guzmán (1970) señala que cuando el ataque del áfido en algodón es fuerte, la planta retrasa su desarrollo, se caen los botones florales, y las cápsulas producidas son en general de menor tamaño. El insecto, fuera del follaje, puede alimentarse además de los pétalos, las brácteas florales, los tallos tiernos y aún de las cápsulas en desarrollo. Marín et al. (1978) resaltan la importancia de evitar el control químico de los áfidos en el algodón, puesto que, la mayoría de veces, poblaciones

sub-económicas de estas plagas favorecen el incremento de depredadores y parasitoides, sugiriendo el uso de insecticidas químicos sólo en casos extremos de períodos secos de larga duración y recomiendan el uso de insecticidas sistémicos granulares o aficidas foliares en dosis muy bajas.

Para determinar si se efectúa un control químico de pulgones, Mondragón (1989) plantea que para lograr eficiencia, es necesario identificarlos de una manera rápida y precisa, para luego recomendar la aplicación de algunos de los muchos productos disponibles en el mercado como lo son insecticidas sistémicos y de efecto específico. Adams (1946) comenta que cuando el mayor problema que causan los áfidos es la transmisión de virus, se debería realizar un efectivo control por medio de insecticidas, pero aún en las mejores condiciones, es un problema de difícil solución en el campo, debido a la capacidad de los pulgones de reinfestar rápidamente las plantas con formas vivas jóvenes durante todo el desarrollo del cultivo y sin la intervención de adultos machos.

Para Vélez (1985), ciertas circunstancias atenúan la exigencia de control químico de los pulgones, siendo algunas de ellas: la recuperación que presentan las plantas después del ataque de estos insectos, el control efectivo que de ellos hacen los enemigos naturales y el efecto de las aplicaciones de insecticidas dirigidas a otros insectos plagas como belloteros o defoliadores.

Según Guzmán (1970), la abundancia de los áfidos que se presentan desde la formación de las primeras hojas hasta la destrucción de socas, se sucede en meses de intenso invierno o verano, siendo menos desfavorables los meses o períodos de tiempo alternado (días lluviosos con días secos), y agrega que los ataques son generalmente localizados.

King y Saunders (1984) muestran la importancia de la reproducción de estos insectos en el trópico o climas cálidos, en donde sólo se presenta la reproducción partogenética, lo cual es confirmado por Bustillo y Sánchez (1981), y agregan que esta función se cumple permanentemente,

no se producen machos, ni la hembra pone huevos; además que la migración sólo se sucede de huéspedes primarios hacia huéspedes secundarios a través de la producción de formas aladas. Por estas razones, las poblaciones de áfidos son muy altas, situación que origina rápidas aglomeraciones de pulgones y escasez de alimento, y genera la dispersión de áfidos hacia otros huéspedes.

Bustillo (1989) anota que los áfidos presentan un ciclo de vida poco común y complejo, y que la complejidad está correlacionada con la ubicación de las especies con respecto a las zonas climáticas, y que el ciclo de vida presenta claras diferencias entre las zonas tropicales y las zonas meridionales o subtropicales.

La definición exacta de la dispersión de un insecto plaga en un lote de cultivo es definitivo para la toma de medidas de manejo de la misma. El índice de dispersión de la plaga puede lograrse mediante la aplicación de una fórmula que relaciona el número de muestreos realizados con el total de individuos colectados por muestreo (Nakano et al. 1981).

Guzmán (1970), para la evaluación de la plaga, recomienda determinar el número de pulgones por hoja y utilizar la siguiente tabla para determinar el grado de infestación:

Grado	Núm de pulgones por hoja
0	0
1	1-10
2	11-20
3	21 o más

Este autor recomienda que la aplicación de insecticidas químicos se realice cuando la presencia de pulgones se encuentre en el grado 3, es decir, cuando se tenga un promedio superior a 20 pulgones/hoja. Igualmente indica que la revisión del mayor número de plantas o sitios representativos del área a evaluar, es el ideal, pero que como existe dificultad para revisar una área muy amplia, se recomienda diseñar un sistema de muestreo que cubra el 20% de la extensión del cultivo.

El uso de trampas de agua es recomendado por Byrne y Bishop (1959) como un medio de evaluación de la fluctuación de

la población de áfidos, como lo demostraron con su trabajo de evaluación del *M. persicae* en campos de papa, mediante el cual hallaron la relación de áfidos capturados en las trampas de agua con la población de áfidos en las plantas de papa, aunque anotan que tales datos no fueron muy útiles para la predicción de futuras fluctuaciones de esta especie.

García (1989), en su conferencia sobre manejo de *A. gossypii* en algodónero, recomienda como acciones necesarias dentro de los programas de manejo de este cultivo, las inspecciones frecuentes, como un medio para establecer un balance de la situación, fijar el criterio de daño y evaluar la acción de los enemigos naturales.

Bajo condiciones naturales, muchos son los enemigos naturales que ejercen una acción reguladora sobre las poblaciones de áfidos, reportándose como los de mayor ocurrencia dentro de los depredadores las mariquitas de la familia Coccinellidae (Coleoptera), las chinches de la familia Nabidae (Hemiptera), miembros de la familia Chrysopidae (Neuroptera) y las larvas de las moscas de la familia Syrphidae (Diptera); entre los parasitoides más frecuentes están las pequeñas avispa (Hymenoptera) que viven dentro del cuerpo de los áfidos; también cuando los áfidos son abundantes, se pueden encontrar arañas y pájaros que los devoran (Harper 1978).

Diferentes autores, entre ellos Vélez (1985), Guzmán (1970) y DeBach (1968), relacionan entre los enemigos naturales de los áfidos a *Aphidius (Lysiphlebus) testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae); *Aphelinus gossypii* Timp (Hymenoptera: Aphelinidae); *Azya luteipes* Mulsant, *Coleomegilla maculata* (DeGeer), *Corimus coerulus* Mulsant, *Cycloneda sanguinea* (L.) *Hippodamia convergens* Guérin, *Hyperaspis* sp, *Olla plagiata* Cas; *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), *Allograpta* spp. y *Bacchasp.* (Diptera: Syrphidae); *Chrysopa* spp. (Neuroptera: Chrysopidae) y el hongo entomopatógeno *Entomophthora* sp. (Entomophthorales).

Materiales y Métodos

En los municipios de Armero y Espinal (Tol.) se escogieron lotes comerciales dedicados a la producción de algodón, en zonas con las siguientes condiciones climáticas:

Armero	Espinal
Temperatura	
27,6°C	28°C
Humedad relativa	
71%	75%
Nubosidad	
178,10 horas (prom. mens.)	152,30 horas (prom. mens.)
Precipitación	
1.400 mm (promedio anual)	1.220 mm (promedio anual)
Altitud	
300 msnm	438 msnm

Los cultivos de algodón, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978), se ubican en la zona de bosque seco tropical (bst).

Muestreos:

A cada cultivo seleccionado se hicieron visitas semanales, para un total de 20 visitas, las cuales se realizaron desde una semana antes de la siembra hasta la época de soca.

Las visitas previas a la siembra del cultivo se realizaron con el propósito de evaluar, mediante la recolección de una hoja por planta, dos plantas por sitio, y un total de 20 sitios en cada lote, el tiempo necesario para cada revisión. Los sitios se tomaron al azar, haciendo un recorrido por el lote dando la mayor cobertura posible a cada uno. Con el recorrido previo se trató de determinar los detalles para obtener la lectura total de los 20 sitios.

Durante el período de cultivo, las hojas se colectaron del tercio superior de la planta, excepto en las plántulas, las cuales por su tamaño y escaso número de hojas, el conteo de áfidos y enemigos naturales se pudo realizar sobre toda la planta. Las hojas colectadas por sitio se introdujeron en bolsas plásticas para luego hacer el conteo de áfidos por hoja en toda la muestra. La cuantificación incluyó nú-

mero de áfidos por especie, y por separado se anotó el total de ninfas y de adultos.

Durante cada visita, en cada sitio se observó y se registró la presencia de insectos depredadores. Los parasitoides y patógenos se contaron e identificaron en el laboratorio de Entomología de la Universidad del Tolima, con la ayuda de microscopios estereoscópicos.

Durante cada visita se observó la sintomatología del daño causado por los áfidos, así como la presencia de melaza, fumagina o encrespamiento del follaje. En cada lote se registraron informaciones sobre las aplicaciones de insecticidas y se tuvo en cuenta los factores climáticos para estudiar su influencia sobre los cambios en el nivel de población de los áfidos.

Métodos estadísticos:

La distribución de los áfidos en cada lote se halló mediante la fórmula del Índice de Dispersión sugerida por Nakano et al. (1981):

$$Id = \frac{X^2 - X}{\sum(X)^2 - X} \times N$$

Donde:

Id = Índice de dispersión

N = Total de la muestra

X = número de individuos por muestra

Si Id = 1, la distribución de los áfidos es al azar; si Id > 1, la distribución es agregada o por focos, y si Id < 1, la distribución es en forma regular o uniforme.

Para evaluar el Índice de Dispersión se utilizó la prueba de «t» para variables no pareadas y muestras pequeñas. Los niveles de población de áfidos se determinaron sobre la sumatoria del total de individuos para las especies de áfidos. El nivel de daño económico se determinó según la tabla sugerida por R.C. Hunter, citado por Guzmán (1970), y que se basa en el conteo del número de pulgones por hoja.

Para determinar la dinámica poblacional se empleó un modelo experimental libre, donde se llevaron a cabo pruebas de regresión y correlación múltiple. Con el fin de estudiar la interacción entre la población de áfidos y los parámetros

climáticos se empleó la relación funcional:

$$Y = A + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4$$

donde:

Y = número de áfidos colectados
(Variable dependiente)

A = Intercepto (Constante)

b = Factor de incremento

Como variables independientes:

x₁ = Temperatura en °C

x₂ = Humedad relativa en %

x₃ = Nubosidad en horas/día

x₄ = Precipitación en mm/día

Resultados y Discusión

Zona de Armero

Los datos climáticos tomados para la comunidad de Armero, durante el período de observación de 20 semanas, presentaron los siguientes promedios: temperatura = 28,5°C; humedad relativa = 69,8%; nubosidad = 6,35 horas/día y precipitación en todo el período = 14,52 mm. De estos cuatro parámetros climáticos, el que presentó la mayor variabilidad fue la precipitación y el menos variable fue la temperatura.

Al realizar las covarianzas entre los cuatro parámetros se determinó que existen una relación inversa entre la temperatura y los otros parámetros, es decir que a mayor temperatura se presentó menor humedad relativa, nubosidad y precipitación. La humedad relativa mostró una relación directa con la nubosidad y la precipitación, y entre la nubosidad y la precipitación hubo también una relación directa. Desde el punto de vista de asociación entre los parámetros climatológicos es notoria y sobresaliente la hallada entre la humedad relativa y la precipitación que es la más fuerte y de tipo directo, seguida de la relación entre la temperatura y la precipitación, que fue de tipo inverso.

Este análisis de covarianza se adelantó con el fin de precisar la influencia de un parámetro sobre los otros, para evitar que durante el proceso de análisis se le asignara mayor o menor responsabilidad a

uno cualquiera de los factores físicos, en relación con los cambios de la dinámica de población de áfidos.

En la Tabla 1 se presentan las ecuaciones del análisis de regresión, para la zona de Armero, de la población de áfidos en función de los parámetros climatológicos. Se pretendió encontrar una ecuación de origen matemático para estimar o predecir el número de áfidos según el análisis de varianza para un ajuste lineal múltiple con cuatro variables independientes, encontrando que dicha ecuación no es aceptada a nivel significativo (0,05) y altamente significativo (0,01).

La ecuación fue:

$$Y_i = 3.296,67 - 98,65 x_{1i} + 19,5 x_{2i} - 213,94 x_{3i} - 5,93 x_{4i}$$

Los parámetros temperatura, nubosidad y precipitación, al actuar en conjunto influyeron en forma inversa sobre la población de áfidos, es decir inhiben, detienen o impiden el desarrollo de las poblaciones de estos insectos para el período en mención o épocas similares y en condiciones ambientales semejantes. El único parámetro que aisladamente favorece en forma directa la aparición de áfidos fue la humedad relativa. Lo anterior se interpreta de acuerdo con los coeficientes presentados en la ecuación:

$$Y_i = 3.296,67 - 98,65 X_{1i} + 19,5 X_{2i} - 213,94 X_{3i} - 5,93 X_{4i}$$

en la cual puede verse que sólo el coeficiente del parámetro humedad relativa (X_{2i}) tiene valor o signo positivo.

Debido a la aceptación general de que la temperatura es el factor físico que más incide sobre las poblaciones de áfidos, se complementó el estudio de regresión tomando el número de áfidos en función de la temperatura y se encontró la ecuación:

$$Y_i = 3.124 - 96,42 X_{1i}$$

la cual no es significativa, es decir que el pretender hallar el número de insectos exclusivamente con base en la temperatura es incorrecto; la poca correlación existente es inversa. Al analizar la temperatura con otro parámetro, como la humedad relativa, se encontró la ecuación:

$$Y_i = 854,72 - 44,89 X_{1i} + 11,74 X_{2i}$$

la cual, aunque no es significativa, describe que la poca correlación existente es de tipo inverso para la temperatura y de tipo directo para la humedad relativa. Las demás ecuaciones que aparecen en la Tabla 1 no se interpretaron debido a que los indicadores de la precisión de la ecuación no brindan confiabilidad para la validez de este trabajo.

De las tres ecuaciones analizadas, como ya se mencionó, ninguna se ajusta al fenómeno que se pretende analizar; la poca correlación existente está muy por debajo del nivel sigificativo, lo cual es corroborado por el coeficiente de deter-

minación (R) que para la primera es apenas de 35,54%, para la primera parcial (sólo temperatura) fue de 7,46% y para la segunda (temperatura y humedad relativa) parcial fue de 8,43%, lo cual quiere decir que las ecuaciones encontradas escasamente manejan o controlan dichos porcentajes de lo que ocurre en el fenómeno. Así considerado, el análisis no es correcto para explicar la conformación de poblaciones y determinar los cambios de población en función de los parámetros considerados durante esta investigación.

Como se ha visto en las discusiones anteriores, el análisis de correlación realizado para verificar la incidencia de los parámetros climáticos sobre la población de áfidos aparentemente contradice lo que se presenta en la naturaleza cuando, por ejemplo, las altas temperaturas ejercen un efecto favorable sobre la población de áfidos y permiten su incremento, siempre y cuando los otros parámetros climáticos como humedad relativa y precipitación puedan permanecer constantes.

Para este estudio, el efecto ejercido en forma conjunta por los parámetros temperatura, humedad relativa, precipitación y nubosidad presenta, según el análisis realizado, un comportamiento normal, debido a que en conjunto es factible que los valores de un parámetro inhiban el efecto ejercido por los otros, es decir, que uno de ellos puede ser dominante y el resultado de la acción de los parámetros en conjunto sobre la población de áfidos obedece fundamentalmente a la presión que sobre la población hace el parámetro que actúa como prioritario.

Zona de Espinal

En esta zona, la temperatura promedio para el período del estudio fue de 27,35 °C, la humedad relativa de 73,6%. la nubosidad de 2,29. De estos factores el más uniforme durante el período de observaciones fue la temperatura.

Al analizar la covarianza o sea el grado de asociación o dependencia entre los parámetros mencionados, se encontró que entre la temperatura y los otros tres parámetros hay relación inversa; que entre la humedad relativa y la nubosidad y la precipitación la relación es de tipo directo y que de todas las relaciones, la más

Tabla 1. Análisis de regresión parcial y múltiple de la población de áfidos en función de los parámetros temperatura, humedad relativa, nubosidad y precipitación. Armero (Tol.). 1991.

Ecuación	Razón de varianza	R (%) [*]	C.V. (%)
$Y_i = 3.296,67 - 98,65 X_{1i} + 1,950 X_{2i} + 213,94 X_{3i} - 5,93 X_{4i}$	2,07 N.S.**	35,54	76,00
$Y_i = 3.124,86 - 96,42 X_{1i}$	1,45 N.S.	7,46	83,90
$Y_i = -900,37 + 18,78 X_{2i}$	1,55 N.S.	7,90	83,72
$Y_i = 1.778,03 - 215,18 X_{3i}$	4,93 N.S.	21,50	77,30
$Y_i = 395,21 + 1,05 X_{4i}$	0,05 N.S.	0,00	87,00
$Y_i = 854,72 - 44,89 X_{1i} + 11,74 X_{2i}$	0,78 N.S.	8,43	86,00
$Y_i = 474.713 - 104,36 X_{1i} - 221,65 X_{3i}$	3,68	30,20	75,00
$Y_i = 5.838,98 - 18.992 X_{1i} - 7,00 X_{4i}$	1,25	12,00	84,00
$Y_i = 368,59 + 21,18 X_{2i} - 226,08 X_{3i}$	3,92	31,50	74,00
$Y_i = -1.669,37 + 30,90 X_{2i} - 5,29 X_{4i}$	1,12	12,00	84,30

* Coeficiente de Determinación

** No significativo

fuerte o sea la que presenta mayor dependencia, está entre la humedad relativa y la precipitación.

En la Tabla 2 se consignan las ecuaciones para el análisis de regresión de las poblaciones de áfidos con base en los parámetros climáticos, lo que permite presentar inicialmente la ecuación:

$$Y_i = 5.107,38 + 178,09 X_{1i} + 24,25 X_{2i} + 539,68 X_{3i} - 3,41 X_{4i}$$

la cual es no significativa, aspecto que lo corrobora el R=32,3%, es decir, informa que la ecuación hallada explica el 32% de lo que ocurre con los parámetros climatológicos en dicha zona para la presencia de áfidos. Lo poco que explica la ecuación señala que la temperatura, la humedad relativa y la precipitación inciden en forma directa para las fluctuaciones poblacionales de los áfidos, y la nubosidad en forma inversa. Todos estos parámetros, al ser la ecuación no significativa, van a incidir de igual manera, bien sea que la relación sea directa o inversa con el desarrollo de la población de áfidos. Al efectuar regresiones simples de la población de áfidos en función de los parámetros se encuentra que para la temperatura la ecuación es:

$$Y_i = -3.147,93 + 128,32 X_{1i} \text{ con un } R=12,87\%$$

lo que quiere decir que la temperatura sola incide directamente.

Si se toman simultáneamente la temperatura y la humedad relativa para estimar o predecir los cambios en la población de los áfidos, la ecuación hallada es:

$$Y_i = -5.588,22 + 195,34 X_{1i} + 8,25 X_{2i} \text{ con un } R=14,47\%$$

que indica que los parámetros temperatura y humedad relativa inciden directamente en el desarrollo de poblaciones de áfidos, pero la ecuación maneja un 14,47% de lo que sucede en el fenómeno.

Al considerar los coeficientes de variación (CV) de los análisis detallados el la Tabla 2, todos ellos están por encima del 80%, lo cual quiere decir que al repetir el estudio con otros datos de esa misma zona, los resultados e interpretaciones que se esperen deben ser diferentes. Esto podría controlarse en futuras investigaciones considerando variables diferentes o incrementando el número de lecturas.

Tal como para los cultivos de Armero, con los datos de la zona de Espinal también se procedió a efectuar los análisis de los parámetros climáticos, solos o combinados, con la población de áfidos, pero tal como lo expresan los coeficientes de determinación y de variación no se justifica un mayor análisis.

Índices de dispersión

El índice de dispersión se calculó por separado para los dos sitios y para cada una de las 20 visitas usando la fórmula propuesta por Nakano et al. (1981). En la

Tabla 3 se presentan los índices de dispersión y los grados de daño observados. Al entrar a analizar el comportamiento de este índice se encontró que fue prácticamente el mismo para las dos zonas (1,036 y 1,095) con una variabilidad muy reducida. Al realizar la prueba de «t» por variables no pareadas y muestras pequeñas se encontró que es no significativa, lo cual indica que el índice de dispersión hallado en las dos localidades fue igual y que según Nakano et al. (1981) corresponde a un índice de dispersión agregado, por ser mayor de 1, o sea que las poblaciones de áfidos tienden a desarrollarse por focos en los diferentes cultivos evaluados.

Aunque teóricamente se sabe que los áfidos tienen un comportamiento gregario, lo que significa una distribución espacial en agregados, el índice de dispersión de Nakano confirma lo anterior. Pero en ocasiones es factible hallar índices de dispersión con un valor correspondiente a una distribución al azar (Id=1), especialmente cuando recién se inician las migraciones de las formas aladas de los áfidos, ya que una colonia se inicia a partir de una hembra alada debido a que en el neotrópico no aparecen los machos de los áfidos, y por lo tanto se presenta una reproducción de tipo partenogenético.

Evaluación del grado de daño

Con el dato obtenido con el número de áfidos encontrados en todo el período de observaciones en el cultivo del algodón se hizo una tabla, en la cual se establecieron cuatro intervalos con el número de áfidos encontrados, y con base en ello se determinó el grado de daño; para 0, ausencia de áfidos, nivel 1 si se encuentra entre 1 y 10 áfidos, nivel 2 entre 10 y 20 y nivel 3 mayor de 20 de áfidos, con base en esta escala se procedió a clasificar el nivel de daño encontrado en Armero y Espinal (Tabla 3). En ambas zonas, el nivel de daño con mayor frecuencia se presentó en el grado 1 (45% y 55%) y en el grado 2 (40% y 30%). En cada zona alcanzaron el grado 3 de año tan sólo el 10% de las evaluaciones. Por lo tanto se puede concluir que el grado de daño de los áfidos en las dos zonas evaluadas fue similar y se clasifica en un grado intermedio entre 1 y 2.

Tabla 2. Análisis de regresión parcial y múltiple de la población de áfidos en función de los parámetros temperatura, humedad relativa, nubosidad y precipitación. Espinal 1991.

Ecuación	Razón de varianza	R (%)	C.V. (%)
$Y_i = 5.107,38 + 178,09 X_{1i} + 24,25 X_{2i} + 539,68 X_{3i} - 3,41 X_{4i}$	1,79 N.S.**	32,36	80
$Y_i = -3.147,93 + 128,32 X_{1i}$	2,66 N.S.	12,87	83
$Y_i = 969,38 - 8,25 X_{2i}$	0,97 N.S.	5,12	86
$Y_i = 197,23 - 321,19 X_{3i}$	3,85 N.S.	17,60	81
$Y_i = 362,45 - 0,05 X_{4i}$	0,00 N.S.	0,00	89
$Y_i = 558,22 + 195,34 X_{1i} + 8,25 X_{2i}$	1,44 N.S.	14,47	84
$Y_i = 327,39 + 46,31 X_{1i} - 252,25 X_{3i}$	1,93 N.S.	18,48	82
$Y_i = 39,17 + 15,477 X_{1i} + 320 X_{4i}$	1,56 N.S.	15,47	84

* Coeficiente de Determinación

** No significativo

Interacciones entre la población de áfidos y sus enemigos naturales

Zonas de Armero. El comportamiento poblacional de los áfidos en el transcurso de las veinte semanas del cultivo de algodón fue muy irregular a partir de la 5a. semana, estabilizándose un poco por encima de la semana 17, y presentándose un período crítico alrededor de la semana 11. En cuanto a la fauna benéfica, esta fue más abundante que la observada en Espinal, y después de la semana 12a. se presentó un mayor incremento tanto en los depredadores como en los parasitoides.

Es sorprendente el incremento de los áfidos en el período crítico con relación a la fauna benéfica, pues esta última fue estable durante todo el período de observación. Si se observan los parámetros estadísticos, la mayor variabilidad en el transcurso de las veinte semanas fue la de los áfidos (Fig. 1); la entomofauna restante estuvo muy cerca o seguida a la variabilidad presentada por el parasitoides y donde se presentó una mayor uniformidad o comportamiento de número de individuos en el medio fue con los depredadores.

La población de benéficos, tanto de parasitoides como de depredadores, presenta un comportamiento que puede calificarse como de organismo regulador y no controlador. Eso explica la explosión poblacional de la plaga durante el período crítico, pero de todas maneras la dinámica poblacional de los insectos benéficos puede calificarse de normal si se tiene en cuenta el promedio constante a través del ciclo de las evaluaciones.

En cuanto a los insectos benéficos, su comportamiento en el lapso estudiado fue muy uniforme, tanto al inicio del cultivo como en las últimas etapas. Si se analizan los estadígrafos de posición y de dispersión de los tres grupos de insectos, la mayor variabilidad durante el tiempo de la evaluación fue para los áfidos, con un promedio superior al de otras dos poblaciones; la menor variabilidad, o sea la población más uniforme se presentó con los parasitoides.

Zona de Espinal. Con base en los registros tomados en los cultivos de algodón

Tabla 3. Cuantificación semanal de áfidos, índice de dispersión y grado de daño en dos localidades del Tolima. 1991.

Semana	Armero				Espinal			
	Total áfidos	Índice dispersión	Prom. por hoja	Grado de daño	Total áfidos	Índice de dispersión	Prom. por hoja	Grado de daño
1	-	-	-	0	-	-	-	0
2	6	0,275	0,15	1	16	0,460	0,40	1
3	20	0,4142	0,50	1	14	0,653	0,35	1
4	41	0,700	1,02	1	35	0,752	0,88	1
5	111	0,531	2,78	1	217	0,916	5,42	1
6	357	1,206	8,92	1	123	1,167	3,08	1
7	510	1,546	12,75	2	225	1,319	5,62	1
8	228	1,360	5,70	1	322	1,192	8,05	1
9	1.005	1,105	25,12	3	261	0,675	6,52	1
10	799	1,608	19,98	2	622	1,314	15,55	2
11	1.312	1,690	32,80	3	739	1,491	18,48	2
12	548	1,040	13,70	2	825	1,282	20,62	3
13	469	1,136	11,72	2	527	1,631	13,18	2
14	712	1,332	17,80	2	1.199	1,649	29,98	3
15	516	1,518	12,90	2	581	1,157	14,52	2
16	415	1,007	10,37	2	203	1,152	5,07	1
17	464	0,996	11,60	2	326	1,311	8,15	1
18	264	0,919	6,60	1	177	0,950	4,42	1
19	138	0,914	3,45	1	474	0,901	11,85	2
20	296	0,903	7,40	1	438	0,890	10,95	2

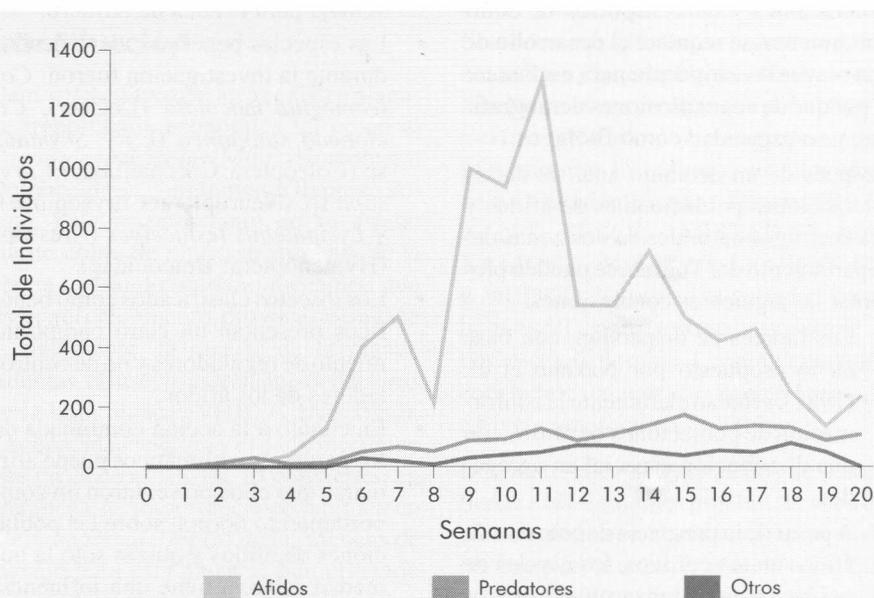


Figura 1. Crecimiento poblacional de áfidos y enemigos naturales en algodónero. Armero. 1991.

de esta zona se procedió a realizar un análisis del comportamiento de los áfidos, depredadores y parasitoides en cada una de las 20 semanas del período vegetativo del cultivo; en las 10 primeras semanas, la presencia de áfidos fue bastante baja, pero a partir de esta se incrementa la población, alcanzando el máximo a la semana 14a., seguido de una fuerte disminución, llegando a estabilizarse alrededor de la

décima semana; es decir, que se presentó un período crítico entre la 10a. y 16a. semanas. Como puede apreciarse en la Figura 2, el comportamiento de los insectos benéficos fue muy uniforme durante todo el ciclo vegetativo de los cultivos.

Conclusiones

Si bien es cierto que los áfidos constituyen un grupo entomológico que está caracte-

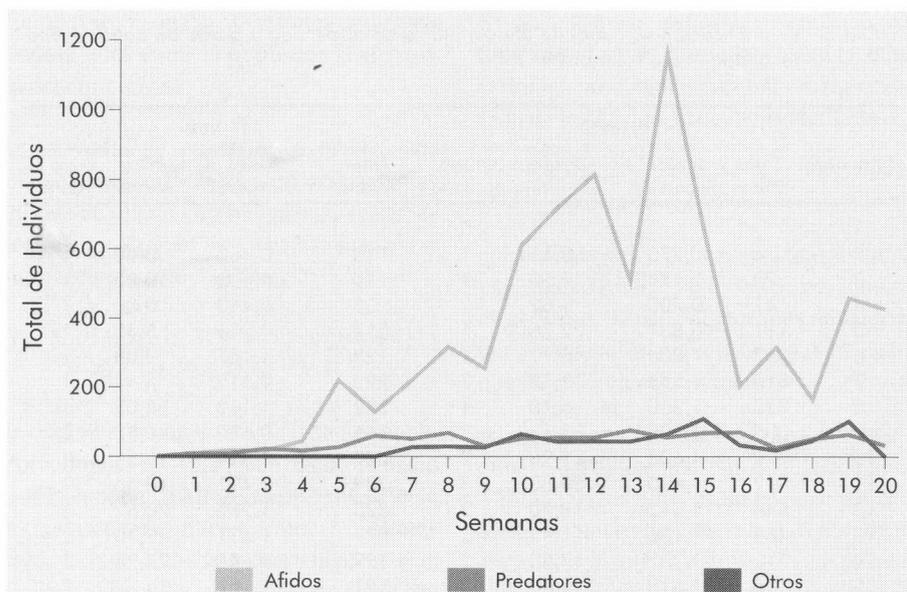


Figura 2. Crecimiento poblacional de áfidos y enemigos naturales en algodónero. Espinal. 1991.

rizado por sus hábitos gregarios, sus ciclos de vida cortos, su abundancia de generaciones y otros aspectos de comportamiento, se requiere el desarrollo de una mayor investigación para esclarecer el por qué de sus explosiones demográficas, y su capacidad como fitófagos.

Después de un detenido análisis de las interacciones poblacionales de áfidos y sus enemigos naturales en dos zonas del departamento del Tolima, se pueden presentar las siguientes conclusiones:

- Los índices de dispersión, con base en lo propuesto por Nakano et al. (1981), señalan claramente la conformación de poblaciones de áfidos con una distribución espacial en agregados.
- A pesar de la presencia de colonias de áfidos en los cultivos, los niveles de población no alcanzaron los grados de daño que llevaran a considerar estos insectos como plaga de importancia económica.
- Aunque los áfidos presentaron un comportamiento similar en las dos zonas estudiadas, el período crítico en Armero se presentó más temprano que en Espinal. Las especies de áfidos encontrados fueron: *Aphis gossypii* Glover y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas).
- En ambas zonas, las poblaciones de los enemigos naturales fueron bajas

durante todo el período del cultivo, pero se pudo comprobar una ligera ventaja para la zona de Armero.

- Las especies benéficas identificadas durante la investigación fueron: *Coleomegilla maculata* (DeGeer), *Cicloneda sanguinea* (L.) y *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae); *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae); y *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae).
- Los insectos clasificados como benéficos presentan un claro comportamiento de reguladores y no de controladores de los áfidos.
- En cuanto a la acción combinada de los parámetros climáticos puede afirmarse que ellos presentaron un comportamiento normal sobre las poblaciones de áfidos y quizás sólo la humedad relativa tiene una influencia directa.
- Para las condiciones de esta investigación, las poblaciones de áfidos no ameritaron recomendaciones de control químico, lo que sugiere la necesidad de hacer monitoreos detenidos antes de proceder a ordenar controles diferentes al control natural.

Agradecimientos

Los autores expresan sus reconocimientos a los Ing. Agrónomos Iván Aldana y Ciro Merchán por la colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

ACEVEDO, J. E. 1991. Reconocimiento de plagas y benéficos en el cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt.) en la zona cafetera de Colombia. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 18o., Santafé de Bogotá, julio 17-19, 1991. Resúmenes. SOCOLEN, Santafé de Bogotá. p. 1.

ADAMS, J. B. 1946. Aphid resistance in potatoes. American Potato Journal (Estados Unidos) v. 22 No. 1, p. 1-22.

BUSTILLO, A. E. 1989. Aspectos básicos sobre los áfidos. En: Los áfidos: Importancia y manejo. Seminario. Buga, marzo 30 de 1989. Miscelánea Sociedad Colombiana de Entomología (Colombia) No. 15. p. 1-15.

—; SANCHEZ, G. 1981. Los áfidos en Colombia. Plagas que afectan los cultivos agrícolas de importancia económica. ICA-COLCIENCIAS, Bogotá. 96p.

BYRNE, D. N., BISHOP, G. W. 1959. Comparison of water trappans and leaf counts as sampling techniques for green peach aphids on potatoes. American Potato Journal (Estados Unidos) v. 56, p. 237-241.

DEBACH, P. 1968. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Traducción de Continental, México, D.F. 950p.

GARCIA ROA, F. 1989. Manejo de *Aphis gossypii* Glover en el algodónero. En: Los áfidos: Importancia y manejo. Seminario. Buga, marzo 30 de 1989. Miscelánea Sociedad Colombiana de Entomología (Colombia). No. 15. p. 42.

GUIOLI, J.; NUÑEZ C., R.; VERGARA, R. 1986. Reconocimiento, determinación de la época de aparición y control de áfidos en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en la zona central de Boyacá. Facultad de Agronomía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja (Colombia). 100p. (Tesis Ing. Agrónomo).

GUZMAN V., R. 1970. Entomología económica. Conferencias. Publicaciones Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

HARPER, A.M. The pea aphid. Ed. Monton, Alberta, Canadá. 7p.

HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José, Costa Rica. 187p.

HOLMAN, J. 1974. Los áfidos de Cuba. Instituto Cubano del Libro, Editorial Organismos, La Habana, 304p.

KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Administración de Desarrollo Extranjero (ODA), Londres. 115p.

MARIN H., C.; POSADA O., L.; ALVAREZ R., A. 1978. Guía general de manejo de plaga en el cultivo de algodónero en Colombia. ICA, Bogotá. 59p.

MONDRAGON, W. 1989. Control Químico de áfidos. BASF. Bogotá. s.p. (Mecanografiado).

NAKANO, O.; NETO, S. S.; ZUCCHY, R. A. 1981. Entomología Económica. Sao Pablo, Brasil. p 314.

POSTALIPARRA, J.R. 1977. Biología dos insectos. Piracicaba. Sao Paulo, Brasil. p. 318.

VELEZ ANGEL, R. 1985. Notas sinópticas de entomología económica colombiana. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Secretaría de Agricultura de Antioquia, Medellín. 258p.

YANO, K.; MIYAKE, T. 1983. The biology and economic importance on rice aphids (Hemiptera: Aphididae): A Review. Bulletin of Entomological Research (Inglaterra). v 73, p. 540.