MODELO PREDICTIVO DE LOS CAMBIOS POBLACIONALES DE *THRIPS TABACI* LINDEMAN (THYSANOPTERA: THRIPIDAE) EN EL CULTIVO DE LA CEBOLLA (*ALLIUM CEPA* L.) EN CUBA

Ángela C. Porras González,[1] Santiago F. Jiménez Jiménez,[1] Inés Figueroa,[2] Marisel Santos[2] y Vivian Sistachs Vega[3]

[1] *Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5.ª B y 5.ª F, Playa, Ciudad de La Habana, CP 11600*
[2] *Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Carretera del Jíbaro Km 2½, Sancti Spíritus, Cuba*
[3] *Universidad de La Habana. Calle 25 no. 455 e/ J y K, Vedado, Ciudad de La Habana, CP 10400*

RESUMEN

Las poblaciones de Thrips tabaci *en las plantas de cebolla se localizan básicamente en el falso tallo, provocan daños en la parte interior de las hojas extendidas y en las hojas en formación, donde se hacen visibles con su crecimiento. Esto trae como consecuencia que la presencia de la plaga y sus daños se evidencien cuando han alcanzado un grado de intensidad que, en ocasiones, resulta tardío para lograr la eficacia esperada de las medidas de control. Un estudio realizado en 18 parcelas de cebolla plantadas en las provincias de La Habana y Sancti Spíritus durante tres años consecutivos aportó la información acerca de la dinámica del trips de la cebolla a lo largo del ciclo del cultivo, con la cual se ajustó un modelo predictivo del crecimiento de sus poblaciones, donde se consideraron las relaciones entre parámetros biológicos y las variables climáticas que los condicionan. Se utilizó la técnica estadística de regresión* ridge *en datos obtenidos a través de muestreos secuenciales en parcelas de campo. Se obtuvo un modelo que permite predecir las variaciones en el comportamiento de la plaga y facilita la toma de decisiones para su manejo.*

Palabras claves: *Thrips tabaci, cebolla, modelo, regresión*

ABSTRACT

Thrips tabaci *populations on the onion plants are located basically in pseudo stems and they cause damages inside unfurled and sprouting leaves, where they become visible with the foliar growth. In that way the presence of the pest and their damages are evidenced when both them have reached such a degree of intensity that it may be late for achieving the hope effectiveness of control measures. A study carried out on 18 onion field plots planted in Havana and Sancti Spíritus provinces during three years, gave the information about onion thrips dynamics along crop cycle, and with that information a predictive model of thrips populations growth could adjusted with the consideration of the relations among biological parameters and climatic variables that condition them. The statistical technique of regression* ridge *was used with data obtained through sequential samplings in field plots. A model to predict the variations in pest behavior, which facilitates to take decisions for* T. tabaci *management in onion field, was obtained.*

Key words: *Thrips tabaci, onion, model, regression*

INTRODUCCIÓN

Thrips tabaci constituye uno de los insectos plagas más importantes del cultivo de la cebolla en Cuba [CNSV, 2002], en cuyas condiciones climáticas se reproduce con rapidez, influenciada por las altas temperaturas y la sequía [Fuentes y Ayala, 2004], y unido a la escasa movilidad de sus estadios inmaduros (L1 y L2), condiciona la acumulación de sus poblaciones en el tiempo.

La alimentación de este insecto sobre las plantas ocasiona la destrucción de los tejidos epidérmicos, la pérdida de savia, el debilitamiento de las plantas y la consiguiente reducción en los rendimientos del cultivo [Jiménez *et al.*, 1998]. Sus hábitos alimentarios pueden propiciar además efectos negativos indirectos sobre los rendimientos, dado que *T. tabaci* está reconocido como vector de algunas enfermedades virales de plantas [Chatzivassiliou *et al.*, 1999; Mound, 2002].

La toma de decisiones oportunas en el control de las plagas constituye un elemento básico para reducir las pérdidas económicas que ocasionan. En este sentido, los modelos predictivos de los cambios poblacionales se convierten en una herramienta práctica, sumamente útil para los agricultores, dado que les permiten conocer con antelación los niveles de infestación que se producirán en sus plantaciones, a fin de implementar a tiem-

po las acciones para lograr un control eficaz. Constituye el análisis de regresión lineal múltiple una técnica estadística muy utilizada para lograr estos modelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de campo se realizaron en las provincias de La Habana y Sancti Spíritus durante tres años consecutivos. En cada uno se sembraron parcelas de cebolla de 400 m^2 de la variedad Red Creole mediante siembra directa en tres fechas comprendidas entre septiembre y noviembre, de acuerdo con el calendario de siembra establecido por el Instructivo Técnico para el cultivo [DNCV, 1983], para un total de 18 campos experimentales que recibieron las atenciones agrotécnicas establecidas por el referido instructivo, excepto los tratamientos con insecticidas para el control de la plaga.

Las variaciones de la población de *T. tabaci* en el tiempo se obtuvieron de la observación visual directa y el conteo del número de estadios móviles de la especie (larvas I, larvas II y adultos). En muestreos efectuados una vez por semana, se contó el total de ellos presentes en 100 plantas escogidas al azar en cada una de las diagonales de cada parcela.

Durante todo el período se tomaron diariamente las variables climáticas temperatura media, humedad relativa del aire y precipitaciones, registradas por las estaciones meteorológicas próximas a la ubicación de las áreas de trabajo en ambas provincias.

Con la información de los muestreos en los campos se procedió a realizar los análisis matemáticos. Se utilizó la variable propuesta por Jiménez *et al*. (1999) diseñada a partir de la diferencia entre el umbral máximo teórico para la especie trips y la temperatura media [TM = log(35-Tmed)], dado que, según Cortiñas *et al*. (2003), los modelos logarítmicos resultaron los más adecuados para describir el efecto de las variables climáticas sobre las variaciones de la población de *T. tabaco*. Los cálculos se refirieron al logaritmo de la población [log(Pob)].

Para obtener el modelo predictivo del desarrollo de las poblaciones del trips de la cebolla, se llevó a cabo un análisis de correlación entre la población existente en un momento dado, la fenología –edad de las plantas– y las variables climáticas correspondientes a la semana previa. Dada la naturaleza de las variables involucradas en el estudio y la alta correlación existente entre ellas se efectuó un análisis de regresión *ridge* [Villar, 2006], que permite obtener estimadores más precisos, para lo que se utilizó el software estadístico Statistica, versión 6 (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se apreció una alta correlación del logaritmo de la población (logPob) con la fenología del cultivo, además con la humedad relativa media (Hr-Med[a]) y el logaritmo de la población (logPob[a]) correspondientes a la semana previa, así como relación entre todas las variables involucradas en el estudio (*Tabla 1*).

Tabla 1. Matriz de correlaciones entre variables fenológicas y climáticas

Variable	Fenología	Hr-Med[a]	Prec[a]	LogPob[a]	TM[a]
LogPob	0,67*	0,33*	0,10	0,97*	0,15
Fenología		0,25*	0,09	0,66*	0,09
Hr-Med[a]			0,21*	0,30*	0,29*
LogPob[a]					0,12

* Correlaciones significativas para $\alpha = 0,05$.

Como resultado del análisis de regresión lineal múltiple se apreció que las variables explicativas que tienen mayor influencia sobre la variable dependiente (logPob) son TM[a] y logPob[a], las cuales presentaron coeficientes donde la prueba t-Student fue significativa para un nivel de significación del 5% (*Tabla 2*).

Dada la alta correlación entre las variables explicativas (*Tabla 1*) y el elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0,997$) en el ajuste del modelo (*Tabla 2*), se analizó si la relación estimada estaba o no afectada por el problema de la multicolinealidad, lo que generalmente ocurre cuando se realizan estudios que involucran variables climáticas, las cuales usualmente están muy relacionadas.

El diagnóstico de colinealidad proporcionó estadígrafos que indicaron la posible presencia de multicolinealidad

entre las cuatro variables analizadas –Tolerancia < 0,10 y Factor de inflación de la varianza (FIV) > 10– (*Tabla 3*). Además, el número de condición de 31,75 (*Tabla 4*) se considera elevado al superar el límite de 20 marcado por Belsley (1984). Las variables Hr-Med[a] y TM[a] son las que tienen mayor proporción de la varianza asociada al número de condición. El índice de condición asociado al tercer valor propio (10,69) se considera un indicador de multicolinealidad moderada a fuerte, y las variables de mayor proporción de varianza asociada son fenología y logPob[a]. Por consiguiente, se confirmó la presencia de multicolinealidad.

Tabla 2. Resultados del análisis de regresión lineal múltiple

Variable dependiente: logPob R^2 = 0,9973 R^2 ajustado = 0,9972 F(4,124) = 11656 p < 0,0000					
N = 128	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados beta	t	Significación
	B	Error estándar B			
Fenología	0,0023	0,0013	0,0311	1,65	0,1004
Hr-Med[a]	0,0074	0,0046	0,0884	1,60	0,1103
LogPob[a]	0,7660	0,0223	0,7285	34,27	0,0000
TM[a]	0,4361	0,1394	0,1602	3,12	0,0021

Tabla 3. Estadísticos de colinealidad

Variables	Tolerancia	FIV
Fenología	0,060	16,58
Hr-Med[a]	0,007	141,421
LogPob[a]	0,047	21,128
TM[a]	0,008	122,668

Tabla 4. Resultados del diagnóstico de colinealidad

Dim	Valor propio	Índice de condición	Proporciones de la varianza			
			Fenología	Hr-Med[a]	LogPob[a]	TM[a]
1	3,881	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,081	6,912	0,26	0,02	0,10	0,03
3	0,034	10,69	0,72	0,00	0,80	0,00
4	0,004	31,754	0,02	0,98	0,10	0,97

La solución empleada para eliminar la multicolinealidad fue la utilización del método de regresión *ridge*. En la selección de la constante k para realizar el análisis de regresión indicado se construyó el gráfico de la traza *ridge* (*Fig. 1*) y se tomó 0,3 como valor para esa constante, a partir del cual se puede observar cierta estabilidad de los coeficientes estimados del modelo de regresión b_i.

Con el ajuste realizado se obtuvo un modelo de regresión que explica en más del 90% la variación existente en los datos (R^2 = 0,91), y todos las variables tienen un aporte significativo (p < 0,05) (*Tabla 5*). Esto se puede constatar en la *Fig. 2*, donde se muestran los valores poblacionales observados contra los estimados por el modelo obtenido:

$$\text{LogPob} = 0{,}02 \times \text{fenología} + 0{,}02 \times \text{Hr-Med}^a + 0{,}31 \times \text{logPob}^a + 0{,}57 \times \text{TM}^a$$

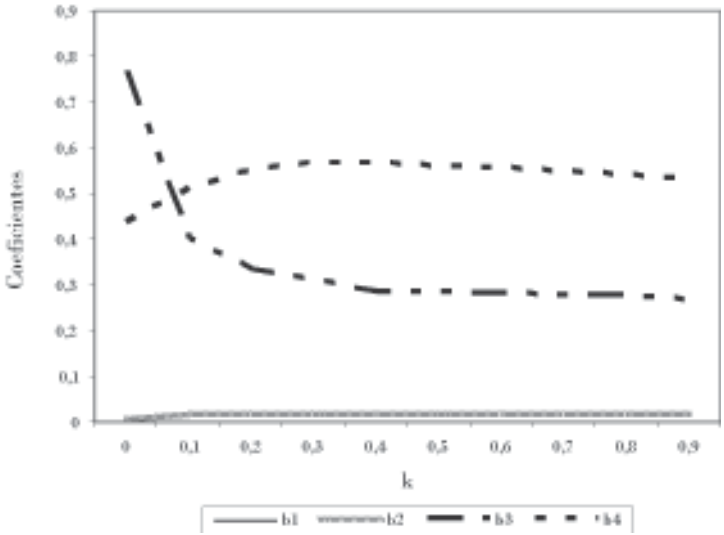


Figura 1. Traza *ridge* para seleccionar la constante *k*.

Tabla 5. Resultados de la regresión *ridge*

Variable dependiente: logPob R^2 = 0,92 R^2 ajustado = 0,91 F(4,124) = 339,04 p < 0,0000					
N = 128	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados beta	T	Significación
	B	Error estándar B			
Fenología	0,016	0,0028	0,2229	5,80	0,0000
Hr-Med[a]	0,018	0,0034	0,2155	5,38	0,0000
LogPob[a]	0,305	0,0409	0,2898	7,44	0,0000
TM[a]	0,565	0,1081	0,2078	5,22	0,0001

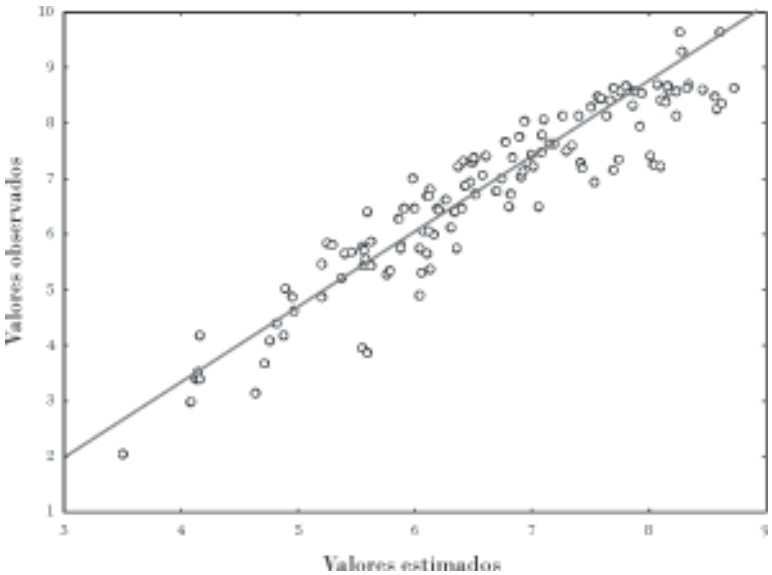


Figura 2. Valores poblacionales observados *versus* valores poblacionales estimados según el modelo ajustado.

Se han obtenido otros modelos de pronóstico para plagas y enfermedades en otros cultivos mediante el empleo de la técnica de regresión lineal [Cortiñas *et al.*, 2003; Gómez *et al.*, 2002; Castellanos *et al.*, 2005 a, b]. En este caso, y dado la naturaleza de las variables involucradas, el método de regresión *ridge* proporciona estimadores más precisos, menos sensibles a pequeñas variaciones de los datos.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo un modelo para la predicción del crecimiento de las poblaciones de *T. tabaci* en el cultivo de la cebolla: LogPob = 0,02 x fenología + 0,02 x Hr-Med^{a} + 0,31 x logPob^{a} + 0,57 x TM^{a}, basado en la edad de las plantas (fenología), los valores promedio de humedad relativa, temperatura del aire y la población, existentes en la semana que antecede al momento del pronóstico, mediante el cual se favorece la toma de decisiones oportunas para implementar las medidas de control de la plaga y con ello la reducción de las pérdidas en el cultivo.

REFERENCIAS

Belsley, D.: «Collinearity and Forecasting», *Journal of Forecasting*, 3:183-196, EE.UU., 1984.

Castellanos, L.; T. Rivero; A. Porras; J. Pajón: «Modelación matemática de *Alternaria solani* Sor. en papa en función del tiempo», *Fitosanidad* 9 (1):23-27, 2005a.

Castellanos, L.; T. Rivero; A. Porras; J. Pajón: «Modelación matemática de *Alternaria solani* Sor. en papa en función de las variables meteorológicas y la edad del cultivo», *Fitosanidad* 9 (1):27-32, 2005b.

CNSV: «Programa de defensa fitosanitaria para hortalizas: tomate, pimiento, col, ajo y cebolla», Centro Nacional de Sanidad Vegetal, La Habana, 2002.

Chatzivassiliou, E. K.; T. Nagata; N. I. Katis; D. Peters: «Transmision of Tomato Spotted Wilt Tospovirus by *Thrips tabaci* Populations Originating From Leek», *Plant Pathology* 48 (6):700-706, 1999.

Cortiñas, J.; S. F. Jiménez; S. Reyes: «Modelos descriptivos y predictivos de poblaciones de *Thrips tabaci* en el cultivo del ajo en Cuba», *Manejo Integrado de Plagas,* Costa Rica 67:30-34, 2003.

DNCV: «Instructivo técnico del cultivo de la cebolla», Dirección Nacional de Cultivos Varios Minagri, octubre de 1983.

Fuentes, P.; J. L. Ayala: «Incidencia del uso de barreras de maíz (*Zea mays* L.) en las poblaciones del trips de las cebollas, *Thrips tabaci* Lindem. (Thysanoptera; Thripidae) en el cultivo de cebolla en Banao, Sancti Spíritus, Cuba», *Cuadernos de Fitopatología* (79):23-25, 2004.

Gómez, Guadalupe; J. Cortiñas; Magalys Suárez; J. Montes; Lutgarda Betancourt: «Modelación biológica y matemática para estimar probabilidad de dispersión de la mancha púrpura del ajo», *Fitosanidad* 6 (4):15-20, 2002.

Jiménez, S. F.; J. Roscándido; D. López; M. Vázquez: «Caracterización y magnitud de los daños producidos por *Thrips tabaci* en cebolla en Cuba», *Manejo Integrado de Plagas*, Costa Rica 48:35-39, 1998.

Jiménez, S. F.; Sonia Reyes; J. Cortiñas; J. Roscándido; M. Vázquez: «Dinámica de población de *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) en ajo (*Allium sativum* L.)», *Fitosanidad* 3 (1):21-26, 1999.

Mound, L. A.: «So Many Thrips-So Few Tospoviruses? In Thrips and Tospoviruses», Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera, Australian National Insect Collection, Canberra, 2002, pp. 15-18.

StatSoft, Inc. Statistica (data analysis software system), version 6, www.statsoft.com, 2003.

Vilar J. A.: *Modelos estadísticos aplicados,* Publicaciones de la UDC, monografía 101, España 2006.