



Muestreo secuencial de *Spodoptera frugiperda* "cogollero" en el cultivo de *zea mays* "maíz" para determinar límites de confianza.

Sequential sampling of *Spodoptera frugiperda* "armyworm" in the cultivation of *Zea mays* "corn" to determine confidence limits.

Eulogio N. Morales Farías¹, Jaime E. Gutiérrez Ascón², Walter C. Cerna Molina¹, Luis M. Chávez Barbery³

RESUMEN

Objetivo: Determinar los niveles críticos para la toma de decisión en el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz, mediante el muestreo secuencial, para la toma de decisiones en el control de este insecto a nivel de campo. **Métodos:** El experimento se llevó a cabo en tres parcelas de 32 m² cada una, a partir de la última semana del mes de mayo hasta la primera semana del mes de agosto año 2014, contando con una población de 696 plantas, las cuales eran evaluadas semanalmente; los datos registrados fueron tabulados y procesados en hoja de cálculo, determinando los estadísticos descriptivos que sirvieron para el análisis e interpretación así como el análisis de sensibilidad, para determinar el momento crítico y pronósticos para la toma de decisión. Se utilizó la técnica de la estadística truncada, la cual permitió no considerar para el análisis la parcela 1 y 3 para eliminar el efecto de borde en el cultivo de maíz. **Resultados:** El modelo exponencial de Taylor, así como la ecuación lineal de Iwao, no determinaron el punto crítico para la toma de decisión en el muestreo secuencial, que sirve para determinar la estrategia de control del *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz. Nuestro modelo secuencial determinado por la ecuación $Y = -4.052(x)^2 + 45.3(x) - 20.867$, permitió calcular la población de larvas que se tiene en un campo de maíz de acuerdo a la semana en que se muestrea y al comportamiento de los insectos en un agroecosistema. De acuerdo al análisis de sensibilidad el modelo no es exponencial, ni lineal, sino polinómico, el que permite explicar las fluctuaciones poblacionales de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz, en función al ciclo biológico del insecto y a la fenología de cultivo. **Conclusiones:** De acuerdo a la semana y determinada la población, los rangos en los cuales se puede tomar la decisión de definir una estrategia de control, indicada por el punto crítico de acuerdo al modelo, se encuentra en la tercera semana, cuando X toma un valor de 3,026 larvas por planta.

Palabras Clave: *Spodoptera frugiperda*, muestreo secuencial, pronósticos, decisiones.

ABSTRACT

Objective: to determine the critical levels for decision making in the control of *Spodoptera frugiperda* in maize, by sequentially sampling for decision making in the control of this insect level field. **Methods:** The experiment was carried out in three plots of 32 m² each, from the last week of May to the first week of August 2014, with a population of 696 plants, which were evaluated

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: emorales@unjfsc.edu.pe

² Facultad de ingeniería industrial, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

³ Facultad de ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.



weekly; recorded data were tabulated and processed spreadsheet, determining descriptive statistics that were used for the analysis and interpretation and sensitivity analysis to determine the critical moment and forecasts for decision making. The truncated statistical technique was used, which allowed not considered for analysis plot 1 and 3 to eliminate the edge effect in growing corn.

Results: The exponential model Taylor and Iwao linear equation did not determined the critical point for decision making in the sequential sampling, used to determine the control strategy of *Spodoptera frugiperda* in maize. Our sequential model determined by the equation $Y = 4052 (x)^2 + 45.3 (x) - 20,867$, to calculate the population of larvae taken into a corn field according to the week is sampled and behavior insects in agroecosystems. According to sensitivity analysis model is not exponential, nor linear but polynomial, which helps explain the population fluctuations of *Spodoptera frugiperda* in maize, depending on the life cycle of the insect and crop phenology.

Conclusions: According to the week and given the population, ranges which may decide to define a control strategy indicated by the critical point according to the model, is in the third week, when X has a value of 3,026 larvae per plant.

Keywords: *Spodoptera frugiperda*, sequential sampling, sensitivity, making forecasts.

INTRODUCCIÓN

El cogollero *Spodoptera frugiperda*, es un insecto problema en los cultivos de maíz, por los ataques y daños que causa; se encuentra ampliamente distribuido en el país, siendo uno de las plagas más importantes de este cultivo. Los cambios climáticos en el planeta, están cambiando el comportamiento de muchos seres vivos, en este caso los insectos; tenemos casos en que plagas secundarias, que no eran problema, están desplazando a las plagas clave, pasando a ocupar la jerarquía de estas. En esta dinámica, los agroecosistemas, necesitan herramientas de fácil aplicación y confiables, para la toma de decisiones cuando se trata de evaluar poblaciones de insectos problema. Por otro lado tenemos que los mercados globalizados y los tratados de libre comercio entre los países, amplían las ventanas de los mismos, obligándolos en sus exigencias fitosanitarias, razón por la que se necesitan de metodologías simples pero consistentes a fin de tomar decisiones adecuadas, cuando se trate de controles fitosanitarios. En este análisis, los muestreos secuenciales cumplen con estas exigencias, tienen mayor precisión con relación a otros tipos de muestreos, porque trabajan con límites de confianza; economizan tiempo y esfuerzo cuando se hacen evaluaciones de campo para problemas de tipo sanitario, lo cual nos permitirá tener métodos de muestreo adecuado que nos permita evaluar las poblaciones de campo.

El cogollero es la plaga de mayor importancia económica, afecta diversos cultivos, no solo a nivel nacional sino también internacional. Tenemos que en México en el estado de Guanajuato, constituye una plaga de gran importancia económica (Lopez-Edwards et al., 1999) (Martínez-Jaime et al., 2011). Se encuentra ampliamente distribuido en el nuevo mundo, donde ataca regiones tropicales y subtropicales (Murua y Virla, 2004); tiene hábitos migratorios y polípagos (Meagher y Nayoshi, 2010). Este insecto no solo ataca al maíz, sino a otros cultivos como el sorgo, causando daños severos, afectando el punto de crecimiento (Salas-Araiza. 2002).

Los estadios larvales del cogollero son los que ocasionan pérdidas, que pueden oscilar desde el 10 al 100%, con mayor énfasis en plantíos con baja altura, causando despoblaciones, obligando a efectuar resiembras, con la consiguiente disparidad en el tamaño y maduración del cultivo. Dada la importancia económica del insecto, se necesitan métodos de evaluación simples, pero eficientes, que permitan tomar decisiones de control, para lo cual deben hacerse estudios de campo que proporcionen información básica que permitan determinar los límites de control.

1 Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: emorales@unjfsc.edu.pe

2 Facultad de ingeniería industrial, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

3 Facultad de ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.



Existen modelos diversos para el estudio de poblaciones, pero por su complejidad, no se adaptan para recoger la información de campo, por esta razón tienen que haber criterios que nos den la confiabilidad necesaria, cuando queremos tomar decisiones de campo para el control fitosanitario.

Autores como Alonso & Martínez (1990), usando la función exponencial de Taylor y la ecuación de Iwao, para evaluar los patrones de agregación y distribución de los diferentes estados larvales del gusano cogollero del maíz, encontraron que el modelo que dio mejor ajuste fue el de Taylor, con el cual desarrollaron un plan de muestreo secuencial para el número de larvas pequeñas del cogollero. Swezey (1990), hizo estudios de muestreo secuencial para calcular el daño del cogollero *Spodoptera frugiperda*, basado en una dispersión agregada de cogollos dañados y un modelo de distribución negativa binomial, encontrando un buen desempeño del modelo con un 86% de clasificación correcta, ahorrando un 47% del tiempo necesario para el muestreo de cogollos dañados.

El escaso conocimiento de la distribución temporal y espacial de las plagas y enfermedades de los cultivos, así como de sus enemigos naturales, ocasiona el uso inadecuado de plaguicidas, lo cual causa daños al ambiente y a la salud humana. Cuando se analizan los aspectos clave para la planeación y organización del muestreo sistematizado de plagas, que tienen como propósito proveer las bases y la información eco-entomológica, contribuye a generar modelos para la agricultura sustentable, con el fin de que el control de las mismas resulte eficiente e inocuo para el ecosistema, razón suficiente para que participen todos los agentes involucrados en mantener el equilibrio ecológico de los agroecosistemas (Troyo-Diéguez, et al., 2006).

Martínez et al., (2011), en su estudio para determinar un modelo de predicción de la densidad poblacional de adultos de *Spodoptera frugiperda*, aplicando el método de Box y Jenkins a la serie temporal, obtuvo un mejor ajuste, cuando transformó los datos a logaritmos, encontrando un modelo estacionario autorregresivo de orden 1, con el cual podía predecir cuando comparaba con datos reales con una diferencia numérica no mayor al 21.5%.

A pesar de existir modelos bastante sofisticados para el estudio de poblaciones de insectos, sin embargo, cuando se quieren tomar decisiones a nivel de campo para un control fitosanitario, no hay un sistema de muestreo uniforme, cada agroecosistema tienen su propia realidad; esto obliga a que se tengan que hacer estudios de campo específicos para cada agroecosistema, de ahí que todos estos modelos son referenciales, nos ayudan a hacer los reajustes necesarios para cada realidad ambiental.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron tres parcelas de campo, de 32 m² (8x 4 m), las cuales fueron preparadas de acuerdo a las pautas técnicas, surcándose, con un distanciamiento entre surco de 0.80 m; la siembra se efectuó a razón de tres semillas por punto de siembra, a una distancia de 30 cm; la emergencia fue de 88% en promedio, el raleo se hizo a los 28 días, dejando dos plantas por cada punto de siembra; los riegos se hicieron semanalmente por gravedad. La población inicial de plantas fue de 1,029, después del raleo la población quedó en 696 (68%). Se fertilizó a la dosis de 240-200-180/ha (N-P-K), haciendo dos fertilizaciones, la primera a los 28 días y la segunda a los 56 días de efectuada la siembra. A la emergencia de las plantas (15 días), se comenzaron las evaluaciones de campo semanalmente. Se hicieron contajes de los estadios larvales de todas las plantas de cada parcela, registrándose los datos en una planilla; las larvas encontradas eran retiradas manualmente de las plantas infestadas. Durante toda la etapa del experimento que duró 98 días (09 de mayo a 15 de agosto-2014), no se hicieron aplicaciones para controlar insectos, sólo las fertilizaciones y riegos adecuados.

Las evaluaciones de campo se hicieron hasta la época en que comenzaron a aparecer poblaciones insectiles de otras especies y las poblaciones de *Spodoptera* ya se habían reducido significativamente, aspecto que nos indica que de acuerdo a la fenología del cultivo, otras especies comenzaban a aparecer y dominar su espacio en base al desarrollo del cultivo materia del presente estudio. Los datos registrados fueron tabulados en hoja de cálculo, determinando los

1 Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: emorales@unjfsc.edu.pe

2 Facultad de ingeniería industrial, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

3 Facultad de ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

estadísticos descriptivos para el análisis respectivo; de igual manera para la interpretación de los datos se recurrieron a gráficos, utilizando el software Harvard graphic 4.0.

RESULTADOS

El experimento de campo, se llevó a cabo a partir de la última semana del mes de mayo hasta la primera semana del mes de agosto de 2014, época con bajas temperaturas, nubosidad alta, y pocas horas de sol. La población insectil total colectada en las tres parcelas fue de 2211, de las cuales 682 correspondieron a la primera parcela, 737 a la segunda y 792 a la tercera (tabla 1).

Tabla 1 Población insectil colectada en las parcelas.

Evaluación	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
1	10	18	12
2	52	49	32
3	79	69	81
4	88	98	102
5	129	137	141
6	138	149	163
7	46	51	65
8	46	54	60
9	47	56	68
10	47	56	68
TOTAL	682	737	792

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el análisis de la estadística truncada, se tomó la decisión de analizar la parcela 2, para eliminar el efecto de borde, encontrándose una tendencia polinómica, según el coeficiente de determinación R^2 de 57,69 %, cuyo modelo polinómico $Y = -4,0152x^2 + 45,3x - 20,867$, servirá para evaluaciones del análisis de sensibilidad y pronóstico del *Spodoptera frugiperda*, en los campos de cultivo del valle de Huaura-Sayán, donde la etapa crítica para el cultivo de maíz, empieza en la semana tres; se confirma la toma decisión para el control hasta la semana cuatro, a partir de donde comienza la fase crítica, donde la densidad poblacional crece peligrosamente afectando al cultivo de maíz hasta la semana seis, época en que desciende dramáticamente la densidad poblacional convirtiéndose en población residual (figura 1).

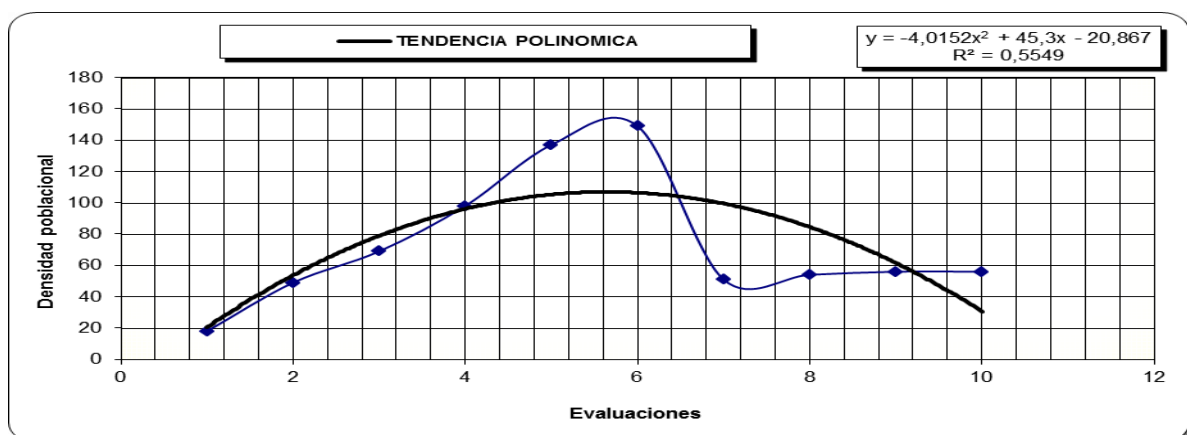


Figura 1 Tendencia polinómico de la densidad poblacional – parcela 2
 Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de presencia del *Spodoptera frugiperda*, según la tabla 2, el valor crítico 3,026 larvas cada diez plantas, se encuentra en la tercera semana de la fenología del cultivo. Igualmente se declara el estado de emergencia de la densidad poblacional larvaria en la semana seis, con el valor crítico de 6,008 larvas cada diez planta de maíz.

Con relación al modelamiento del muestreo secuencial de *Spodoptera frugiperda* “cogollero” en el cultivo de *Zea mays* “maíz” para determinar límites de confianza, se encuentra que, en la tercera semana la cantidad de larvas esperadas es de 78,6; declarada la emergencia en la semana quinta y sexta, los valores esperados son aproximadamente 104 larvas. Este modelo es de utilidad agrícola en dependencia del agroecosistema.

Tabla 2 Análisis de presencia del *Spodoptera frugiperda*.

semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Larvas (X)	0,789	2,115	<u>3,026</u>	4,298	<u>6,008</u>	<u>6,535</u>	2,236	2,368	2,456	2,456
Plantas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Modelamiento (Y)	20,4	53,5	78,6	95,5	104	105	97	82,2	58,6	58,6

Fuente: Elaboración propia.

$$Y = -4.052(x)^2 + 45.3(x) - 20.867$$

$$\text{Inicio período crítico } (x) = 3$$

$$Y = -4.052(3)^2 + 45.3(3) - 20.867$$

$$Y = 78,6 \text{ larvas}$$

DISCUSIÓN

Según Alonso y Martínez (1990), indican que el modelo exponencial de Taylor dio un mejor ajuste que la ecuación lineal de Iwao, sin embargo no determinaron el punto crítico para la toma de decisión en el muestreo secuencial, que sirva para determinar la estrategia de control del *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz. Nuestro modelo secuencial determinado por la fórmula $Y = -4.052(x)^2 + 45.3(x) - 20.867$, permite calcular la población de larvas que se tiene en un campo de maíz, de acuerdo a la semana en que se muestrea; de acuerdo al comportamiento de los insectos en un agroecosistema, el modelo no es exponencial ni lineal, sino polinómica, lo cual explica, los ascensos y descensos en las fluctuaciones poblacionales, de acuerdo a la densidad población del desarrollo del insecto en función a su ciclo biológico y a la fenología del cultivo.

Tomando el valor de x, de acuerdo a la semana y determinada la población, los rangos en los cuales se puede tomar la decisión de definir una estrategia de control, indicada por el punto crítico de acuerdo al modelo, se encuentra en la tercera semana, cuando x toma un valor de 3,026 larvas por planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Troyo-Diéguez, et al. (2006). Planeación y Organización del Muestreo y Manejo Integrado de Plagas en Agroecosistemas con un enfoque de Agricultura Sostenible. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo. 22(2): 191-203.

1 Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: emorales@unjfsc.edu.pe

2 Facultad de ingeniería industrial, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

3 Facultad de ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.



- Martínez, J., Salas-Araiza, M., Bucio-Villalobos, C. M. y Salazar-Solís, E. 2011. Modelo de predicción de la densidad poblacional de adultos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). ENTOMOTROPICA Vol. 26(2): 79-87.
- Martínez-Jaime, O.A., Salas-Araiza, M. D., Bucio-Villalobos, C.M., y Salazar-Solís, E. (2011). Modelo de predicción de la densidad poblacional de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Entomotropica. Vol 26(2):79-87, Agosto.
- Meagher, J., Nagoshi, R. (2010). Identification of fall armyworm (Lepidoptera. Noctuidae) host strains using male-derived spermatophores. Florida Entomologist.93(2): 191-197.
- Munía, G., Virla, E.G. (2004). Contribution to the Biological Knowledge of *Euplectus platynypenae* (Hymenoptera: Eulophidae) a parasitoid of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. Folia Entomológica Mexicana. 43(2): 171-180.
- Salas-Araiza, M.D., Salazar-Solis, E., Marín-Jarillo, A. (2002). Manual para la identificación y control de insectos plaga de los cultivos en el Bajío. Universidad de Guanajato, INIFAP. Guanajato, Gto. 141p.
- Swezey, S.L. 1990. Sistema de muestreo secuencial del cogollero *Spodoptera Frugiperda* Smith. En Maiz De Riego En Nicaragua. Rev. Nica. Ent., 11:45-54.
- Troyo-Diéquez, E, Servín-Villegas, R, Loya-Ramírez, J. G, García-Hernández, J. L, Murillo-Amador, B, Nieto-Garibay, A, Beltrán, A, Fenech, L, Arnaud-Franco, G. 2006. Planeación y Organización del Muestreo y Manejo Integrado de Plagas en Agroecosistemas con un enfoque de Agricultura Sostenible. Programa De Agricultura En Zonas Áridas. Centro De Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S.C. (CIBNOR). Mar Bermejo 195, Ap. Postal 128, La Paz B.C.S. 23090, México. (JGLR, AB, LF) Departamento De Agronomía UABCS. La Paz B.C.S. 23080, México.
- Lopez-Edwards, M., Hernández-Mendoza, J.L., Pescador-Rubio, A., Molina,-Ochoa, J. Lezama-Gutiérrez, R., Hamm, J. I., Wiseman, B. R. (1999). Biological differences between five populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) collected from corn in Mexico. Florida Entomologist.82(2): 254-262.
- Alonso, A. J. R. I; Martínez, O. W. 1990. Plan de muestreo secuencial para larvas del gusano cogollero del maíz (*Lepidoptera: noctuidae*). Maíz Agronomía Colombiana. Volumen 7:26-32.
- Martínez, J. O. A, Salas-Araiza, M. D., Bucio-Villalobos, C. M. y Salazar-Solís Eduardo. 2011. Modelo de predicción de la densidad poblacional de adultos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). ENTOMOTROPICA Vol. 26(2): 79-87.

1 Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: emorales@unjfsc.edu.pe

2 Facultad de ingeniería industrial, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

3 Facultad de ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.