



Alternativas ecológicas en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz amarillo duro

Ecological alternatives for the control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in the dent corn crops

Edgar Pérez Tesén¹; María Neira de Perales^{1,*}; Carmen Calderón Arias²

¹ Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Laboratorio de Controladores Biológicos. Estación Experimental Agraria Vista Florida. Chiclayo, Lambayeque, Perú.

² Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Calle Juan XXIII, Lambayeque (Perú).

Received May 17, 2019. Accepted December 16, 2019.

Resumen

Con el objetivo de generar alternativas ecológicas para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz amarillo duro, se realizó un experimento en campo en La Libertad-Perú. Se utilizó diseño experimental completamente al azar (DECA) con 3 tratamientos ecológicos (T3, T4 y T5), un testigo químico (T2) y un testigo cero (T1) con 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de adultos capturados de *Spodoptera frugiperda*, promedio de masas de huevos por planta, porcentaje de parasitismo, porcentaje de daño, porcentaje de infestación, número de larvas muertas y rendimiento de producción de maíz. Los resultados muestran que, en todas las variables evaluadas, excepto promedio de masas de huevos por planta y porcentaje de huevos parasitados, existe una ligera superioridad del tratamiento químico (T2) con respecto a los tratamientos ecológicos, pero sin ser significativamente diferente a excepción del número de larvas muertas. A su vez los tratamientos ecológicos muestran que aplicados desde la emergencia del maíz pueden controlar el daño que ocasiona *Spodoptera frugiperda*. De acuerdo a las variables evaluadas y al análisis realizado se concluye que el tratamiento ecológico T3 puede ser una alternativa ecológica para controlar *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz amarillo duro.

Palabras clave: alternativas ecológicas; *Spodoptera frugiperda*; maíz amarillo duro; tratamientos ecológicos.

Abstract

With the purpose of generate ecological alternatives's effects for the control of *Spodoptera frugiperda* through the dent corn crops. It has been made a field experiment in La Libertad-Peru. It has been employing a completely randomized experimental design (CRED) with 3 ecological treatments (T3, T4 y T5), a chemical witness (T2) and a cero witness (T1) with 4 repetitions. The variables evaluated were: number of adults captured of *Spodoptera frugiperda*, average of eggs masses per plant, parasitism percentage, damage percentage, infestations percentage, amount of died caterpillars and finally the yield of dent corn production. The results show that in all the evaluated variables, at exception of average of eggs masses per plant and eggs parasitism percentage, exist a slight superiority of the chemical treatment (T2) in relation to the ecological treatments, but without being significantly different in exception to the amount of died caterpillars. At the same time the ecological treatments show that if they are applied since the corn emergence these can control the damage that causes *Spodoptera frugiperda*. According to the evaluated variables and to the analysis performed, it is concluded that the ecological treatment T3 could be an ecological alternative to control to *Spodoptera frugiperda* through the dent corn crops.

Keywords: ecological alternatives; *Spodoptera frugiperda*; dent corn; ecological treatments.

How to cite this article:

Pérez, E.; Neira, M.; Calderón, C. 2019. Alternativas ecológicas en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria* 10(4): 541-550.

* Corresponding author
E-mail: eneira@inia.gob.pe (M. Neira).

1. Introducción

El maíz es un cultivo que se ubica en el segundo lugar de importancia mundial, después del trigo (Zermeño-González et al., 2015; Sánchez-Yáñez et al., 2014). En el Perú, el maíz, es un cultivo muy importante porque es fuente principal para la elaboración de alimentos en la industria avícola y porcina (García, 2019; Chura y Tejada, 2014). El cultivo de maíz, al igual que otros cultivos, se ve afectado por plagas (Lima-Medina et al., 2017). Una de esas plagas es *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), el cual se caracteriza por ser una plaga polífaga de importancia económica en los países tropicales y subtropicales que ocasiona severo daño a las plantas del maíz y otros cultivos (Barrera et al., 2017; Valencia et al., 2014). La intensa infestación de larvas de *Spodoptera frugiperda* causa daño foliar por lo que puede ocasionar pérdidas significativas en la producción del grano de maíz (Toma et al., 2017; Ramirez et al., 2018). Para controlar la infestación que ocasiona *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz los agricultores utilizan el control químico como única alternativa. Siendo los insecticidas, quizás, la herramienta de control de plagas más difundida a nivel global (Guedes et al., 2016). La utilización de estos agrotóxicos aumenta los costos de producción, son fuente de contaminación de aire, agua, suelo y generan resistencia de los insectos plaga (Ramirez et al., 2018); Sin embargo, en la actualidad, existen otras alternativas para el control de *Spodoptera frugiperda* como el control biológico, etológico, etc., las cuales en una acción combinada se convierte en una alternativa ecológica importante para el control de esta plaga. Esta acción combinada incluye trampas mixtas de luz, melaza para la captura de adultos y agentes de control biológico tales como: avispa *Telenomus remus*, crisopas y nematodos entomopatógenos. Las trampas de luz son muy difundidas para la captura de adultos de lepidópteros y se utiliza, muy frecuente, en investigaciones y estudios de fluctuación poblacional de diferentes plagas en las que se incluyen insectos de la orden homóptera (Vivas-Carmona et al., 2017; Sagadin y Gorla, 2002). *Telenomus remus* Nixon es un promisorio agente de control biológico parasitoide de huevos de especies del género *Spodoptera* (Pomari et al., 2013). Las crisopas son depredadores generalistas que se caracterizan porque sus larvas presentan unas mandíbulas fuertes y desarrolladas que se alimentan de: pulgones, mosca blanca, huevos de lepidóptera, cochinillas, ácaros y otros

insectos de cuerpo blando (Redolfi, 2014). En un trabajo de investigación se evidenció que la depredación con la especie *Chrysoperla carnea* de masas de huevos de *Spodoptera frugiperda* y *Heliothis virescens* aumenta conforme aumenta la densidad de masas de huevos de la plaga (Hernández-Juarez et al., 2015). Los nematodos entomopatógenos son microorganismos del suelo utilizados como reguladores de plagas de importancia comercial (López-Llano y Soto-Giraldo, 2016). Se caracterizan por presentar una relación mutualista con enterobacterias generando un complejo nematodo bacteria que parasita larvas de insectos plaga (Bogantes et al., 2018).

Las investigaciones en donde se incluyen trampas, *Telenomus remus*, crisopas y nematodos entomopatógenos en forma integrada como alternativa ecológica para el control de *Spodoptera frugiperda* han sido poco estudiadas, haciendo falta mayor investigación para generar alternativas que permitan sustituir las formas químicas de controlar *Spodoptera frugiperda*; por tal razón, en el presente trabajo se evaluó diferentes combinaciones de los componentes referidos como alternativas ecológicas para el control de los estadios biológicos de huevo, larva y adulto de *Spodoptera frugiperda*.

2. Materiales y métodos

2.1. Ubicación del campo experimental.

La investigación se realizó en parcelas experimentales del Anexo Paiján de la Estación Experimental Agraria Vista Florida-Lambayeque-INIA ubicado en Paiján-La Libertad-Perú a 82 msnm. La investigación se ejecutó desde julio a diciembre del 2018. La temperatura y la humedad promedio en la zona del campo experimental se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Temperatura y humedad de julio a diciembre del 2018 en Anexo Paiján, La Libertad, Perú (media \pm desviación estándar)

Meses	Temperatura promedio ($^{\circ}$ C)	Humedad Relativa promedio (%)
Julio	17,34 \pm 0,73	75,29 \pm 3,81
Agosto	20,17 \pm 0,91	75,36 \pm 7,48
Setiembre	20,93 \pm 0,74	71,34 \pm 7,53
Octubre	21,67 \pm 0,62	75,74 \pm 4,55
Noviembre	20,75 \pm 0,80	72,96 \pm 3,57
Diciembre	21,44 \pm 0,52	72,91 \pm 4,10

Fuente: Estación Meteorológica Casa Grande-Ascope-La Libertad.

2.2. Diseño experimental

El diseño fue el diseño experimental completamente al azar (DECA) con 5 tratamientos (T1: Testigo, T2: Químico, T3: Trampa mixta de luz LEDs con melaza al

10%, *Chrysoperla externa*, *Heterorhabditis sp-nativo*, T4: Trampa mixta luz LEDs con agua, *Telenomus remus*, *Heterorhabditis bacteriophora*, T5: Trampa mixta de luz LEDs con melaza al 10%, *Telenomus remus*, *Chrysoperla externa* más *Heterorhabditis sp-nativo*) con 4 repeticiones, dando un total de 20 unidades experimentales. Cada unidad experimental constó de 1075,84 m² (con largo y ancho de 32,8 m) con distancias entre surcos de 0,80m y entre golpes de 0,4m. La superficie total del experimento, considerando las calles, fue de 2500 m².

2.3. Metodología

El método de evaluación fue el de observación directa en campo (Piñango et al., 2001). Los componentes de los tratamientos ecológicos fueron aplicados siguiendo una lógica secuencial de la fenología del maíz, la biología de *Spodoptera frugiperda* y el porcentaje de daño e infestación ocasionado por la plaga en las plantas de maíz. Las trampas mixtas fueron instaladas a la emergencia de las plantas de maíz. *Telenomus remus* fue liberado a la semana de la emergencia del maíz y en las semanas subsiguientes de acuerdo al tratamiento. La cantidad de *Telenomus remus* aplicada por liberación fue el doble de la utilizada por Hernández y Ferrer, 1989. Las larvas de *Chrysoperla externa* del II estadio se empezó a liberar a los 10 días de la emergencia del maíz y en las tres semanas subsiguientes. Los infectivos juveniles de los nemátodos entomopatógenos se aplicaron cuando se observó un promedio de infestación de 5% de *Spodoptera frugiperda* en las parcelas experimentales. Para la primera aplicación del tratamiento químico se consideró el 20% de daño (Swezey, 1990) y para la segunda aplicación el 5% de infestación de *Spodoptera frugiperda* de tal manera que en esta segunda aplicación se pudiera hacerse un comparativo directo con la aplicación de los nemátodos entomopatógenos de los tratamientos ecológicos. Las dosis y frecuencias de aplicación de controladores biológicos e insecticidas fue la siguiente: Para el tratamiento T3 se hicieron cuatro liberaciones de *Chrysoperla externa* de 10 millares cada liberación (una liberación semanal) y una aplicación del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis sp-nativo* (700 infectivos juveniles/ml). Para el tratamiento T4 se hicieron 4 liberaciones de 10 millares de *Telenomus remus* (una liberación semanal) y una aplicación de *Heterorhabditis bacteriophora* (700 infectivos juveniles/ml). Para el tratamiento

T5 se hicieron dos liberaciones de *Telenomus remus* de 10 millares cada uno (una liberación semanal), dos liberaciones de *Chrysoperla externa* de 10 millares cada liberación (una liberación semanal) y una aplicación de *Heterorhabditis sp-nativo* (700 infectivos juveniles/ml). Para el tratamiento químico se utilizó dos insecticidas con una aplicación por cada insecticida. En la primera aplicación se utilizó el insecticida Larvin, el cual presenta como ingrediente activo Thiodicarb (37,5%) que ejerce control, por contacto, en los huevos y en las larvas recién emergidas de *Spodoptera frugiperda* (Chango, 2012). En la segunda aplicación se utilizó Tracer que tiene como principio activo Spinosad (120g/l) el cual forma parte de una familia de insecticidas de lactonas macrocíclicas que son utilizados para controlar plagas de lepidópteros y dípteros (Sparks et al., 2001), siendo altamente tóxico para estos insectos porque actúa a nivel de los receptores de acetilcolina y gamma-aminobutírico (GABA) (Prabhu et al., 2011). Spinosad es uno de los principales insecticidas utilizados para controlar *Spodoptera frugiperda* (Okuma et al., 2018). La primera aplicación química se realizó a los 21 días de emergencia del maíz y la segunda aplicación química, junto con la aplicación de nemátodos entomopatógenos, se realizó a los 46 días después de la emergencia del maíz.

Para determinar el control de los tratamientos sobre *Spodoptera frugiperda* se consideró en la evaluación las siguientes variables: Número de adultos capturados, promedio de masas de huevos por planta, porcentaje de huevos parasitados, número de larvas muertas, porcentaje de daño y porcentaje de infestación (Ojeda, 2018; Hernández y Ferrer, 1989; Landazabal et al., 1973).

Para la evaluación del rendimiento (kg/ha) se tomaron datos de 50 plantas por unidad experimental. Las mazorcas fueron evaluadas en gabinete y se estimó el rendimiento del maíz con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\frac{\text{granos}}{\text{m}^2} * \text{peso de grano}(14\%)}{100}$$

(Campodónico, 2012)

3. Resultados y discusión

3.1 Trampas

Se realizaron 11 evaluaciones y los resultados de la captura de adultos de *Spodoptera frugiperda* se muestra en la tabla 2. Los datos fueron transformados a $\sqrt{x+1}$ y sometidos a análisis de varianza y prueba de Tukey 5%.

Tabla 2Número de adultos capturados de *Spodoptera frugiperda* en trampas mixtas

Trampa	Evaluación											Total	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Trampa T3	13	12	14	9	13	10	10	4	6	5	5	101	9,18 a
Trampa T5	11	17	8	9	17	11	10	6	6	5	9	109	9,9 a
Trampa T4	9	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	15	2,5 b

Tabla 3

Promedio del número de masa de huevos/planta en experimento de maíz por tratamiento

Tratamiento	Edad del cultivo de maíz amarillo duro en días					Promedio
	10	13	17	21	25	
T1	0,065 a	0,06 a	0,04 a	0,015 a	0,015 a	0,039 a
T2	0,02 a	0,015 a	0,055 a	0,01 a	0,00 a	0,02 ab
T4	0,01 a	0,025 a	0,03 a	0,005 a	0,005 a	0,015 ab
T5	0,005 a	0,00 a	0,005 a	0,00 a	0,00 a	0,002 b
T3	0,005 a	0,005 a	0,00 a	0,00 a	0,005 a	0,003 b

Los resultados de la **Tabla 2** muestran que existen diferencias significativas entre las trampas ($p < 0,05$); así tenemos que las trampas mixtas de T3 y T5 son estadísticamente diferente a la trampa mixta T4, pero estadísticamente similares entre ellos, esto guarda lógica ya que las trampas T3 y T5 tienen la misma composición (luz LEDs comercial más melaza al 10%) en comparación con la trampa T4 (luz LEDs más agua). Este resultado evidencia que es la melaza la que hace la diferencia en la captura de adultos en las trampas T3 y T5 y guarda relación con trabajos de investigación sobre luz LEDs y fluorescente para disminución de la atracción de artrópodos nocturnos en la que se define que, por lo general, la lámpara LEDs atrae poca polilla y otros artrópodos en comparación con la lámpara fluorescente (Longcore et al., 2015), y que la atracción de insectos por diferentes fuentes de luz se debe principalmente a la composición espectral de la luz y a la sensibilidad de los insectos, la cual varía de acuerdo al orden taxonómico (Van Grunsven et al., 2014). Es posible, sin embargo, que la luz LEDs combinado con otro sustrato potencie la captura de polillas tal y como reportó Castresana y Puhl (2017) que obtuvo para la captura de *Tuta absoluta* “polilla del tomate”, en invernaderos, un promedio de captura de 76,68 adultos en trampas de luz LEDs de 470 nm combinado con feromona; resultado que fue significativamente superior al promedio de 34,62 adultos capturados en trampas con feromona.

Promedio de masas de huevos de *Spodoptera frugiperda* por planta y porcentaje de parasitismo de *Telenomus remus*.

Se realizaron en total 18 evaluaciones en las unidades experimentales en las diferentes fases fenológicas del cultivo de maíz, de las cuales para evaluar el promedio de masas de huevos de *Spodoptera frugiperda*

y porcentajes de parasitismo de *Telenomus remus* se tomó las cinco primeras evaluaciones (10, 13, 17, 21 y 25 días después de la emergencia del maíz) debido a que *Spodoptera frugiperda* tiene preferencia para ovipositar en las hojas de las planta pequeñas y tiernas del maíz (Ojeda, 2018). Los resultados del promedio de las masas de huevos por planta se observan en la **Tabla 3**. Los datos fueron transformados a la $\sqrt{x+1}$ y sometidos a análisis de varianza y prueba de Tukey 5%.

En la **Tabla 3** se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en las 5 evaluaciones; sin embargo en el promedio acumulado se muestran diferencias significativas entre los tratamientos T3 y T5 con respecto al tratamiento T1, evidenciando que las trampas mixtas de luz LED con melaza al 10% de los tratamientos T3 y T5 influencia en la menor oviposición de *Spodoptera frugiperda* en las plantas de maíz, aunque no tienen una diferencia significativa con la trampa mixta de luz LED del tratamiento T4 y el tratamiento químico T2 cuyo componente larvin (Thiodicarb 37,5%) fue aplicado, en las unidades experimentales destinadas para tal fin a los 21 días de la emergencia del maíz, razón por la cual, debido a su efecto ovicida, no se observó a los 25 días presencia de masas de huevos de *Spodoptera frugiperda* tal y como se muestra en la **Tabla 3**.

Es importante destacar que el promedio de masas de huevos por planta hasta los 25 días después de la emergencia del maíz es muy bajo en todas las unidades experimentales si lo comparamos con los encontrados por (Ojeda, 2018), el cual a los 14 días después de la primera aplicación de los tratamientos encontró en el testigo 2,5 masas de huevos por planta. Esto es posible a las diferentes épocas de evaluación, a condiciones ambientales, o al efecto de las trampas distribuidas en el área experimental.

Con respecto a *Telenomus remus* no se logró determinar parasitismo sobre masas de *Spodoptera frugiperda* tal como se muestra en la figura 1, en donde se observa 0,06% de huevos parasitados en el tratamiento T4 a los 21 días.

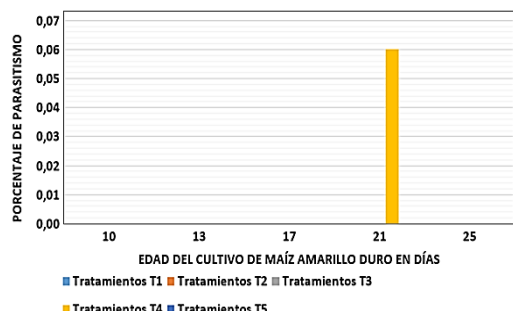


Figura 1. Porcentaje de parasitismo de *Telenomus remus* en masas de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz.

Los resultados que se muestran en la figura 1 contrastan enormemente con trabajos realizados con el parasitoide en otros campos de maíz. Además, Gutiérrez-Martínez et al. (2012), obtuvo porcentaje de parasitismos de 36 a 100% de huevos de *Spodoptera frugiperda* en diferentes genotipos de maíz y sistemas de policultivos. Ferrer (2001), referenció investigaciones en Venezuela realizadas en maíz en la que reportan 90% de parasitismo de *Telenomus remus* sobre huevos de *Spodoptera frugiperda* con una cantidad de 165000 individuos del parasitoide en un aproximado de 0,8 ha. Hernández y Ferrer (1989) obtuvieron parasitismo de 78 a 100% realizando 3 liberaciones semanales consecutivas a razón de 5 millares de avispa de *T. remus* por liberación.

Si los trabajos mencionados detallan el alto porcentaje de parasitismo de *Telenomus remus* sobre masas de huevos de *Spodoptera frugiperda* en campo de maíz, se hace evidente en nuestro resultado que no hubo adaptación por parte del controlador al clima de la zona del experimento y que el biotipo de *Telenomus remus* no fue el

adecuado para parasitar masas de huevos de *Spodoptera frugiperda*.

Daño en plantas de maíz amarillo duro

Para evaluar el efecto del control de los tratamientos sobre los primeros estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* se evaluó el porcentaje de daño en las plantas de maíz desde la culminación de las liberaciones de crisopas y *Telenomus remus* y la primera aplicación química (21 y 25 días después de la emergencia del maíz). Los resultados fueron transformados al arcoseno y posteriormente sometidos a análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% tal y como se muestra en la [Tabla 4](#).

Tabla 4

Porcentaje de daño en los tratamientos a los 21 y 25 días después de la emergencia del maíz (media ± desviación estándar)

Tratamiento	Edad del maíz amarillo duro en días	
	21	25
T5	3,50 ±4%a	2,50%±3 a
T2	32,50±13% bc	3,00±2% a
T3	9,50±5.26%ab	11,50%±7a
T4	18,00±12%ab	30,00±9% b
T1	66,00%±18% c	86,50±7% c

A los 21 días se puede observar que existen diferencias significativas en los tratamientos debido a que las unidades experimentales que reciben los tratamientos ecológicos lo reciben desde la emergencia del maíz, lo que no sucede con el tratamiento químico el cual en su primera aplicación se realiza cuando hay un 20% de daño por *Spodoptera frugiperda* tal y como se menciona en la metodología. Entonces el comparativo entre el tratamiento se hace antes y después de la aplicación química. Chango (2012) obtuvo después de la aplicación de larvin con dosis de 15 cc/0,45 kg de arena un promedio de 3,93% de daño a los 30 días y promedio de 5,30% de daño con dosis de 10 cc/0,45 kg esto equivale a 1068,38cc y 712,25cc por hectarea que si lo comparamos con nuestro resultado de 1000 cc por hectárea observamos que se obtiene porcentaje similares de daño (3%) sin haber utilizado coadyuvantes.

Tabla 5

Promedio y porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (media± desviación estándar)

Tratamiento	Promedio de Larvas vivas antes de la aplicación	Promedio de larvas muertas después de la aplicación	Porcentaje
T2	15 a	13,25±1 a	88,33±6,38%
T3	15 a	5,5±0,58 b	36,67±3,85%
T5	15 a	4,6±1,14 b	30,67±7,60%
T4	15 a	4,25±1,71 b	28,33±11,39%
T1	15 a	0 c	0%

Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda*

A los 46 días después de la emergencia del maíz se aplicó los nematodos entomopatógenos del tratamiento T3, T4 y T5, asimismo se realizó la segunda aplicación química con el insecticida Tracer (Spinosad 120 g/l) del tratamiento T2. Para evaluar la mortalidad de las larvas de *Spodoptera frugiperda* se seleccionó 15 plantas infestadas de cada unidad experimental y a las 48 horas después de la aplicación se realizó la evaluación. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% tal y como se muestra en la [Tabla 5](#).

Los resultados evidencian que existen diferencias significativas entre el tratamiento químico y los tratamientos T3, T4, T5 y T1, a su vez los tratamientos T3, T4 y T5 son significativamente diferentes del testigo, pero similares entre sí. Estos resultados muestran que se obtienen mejor control con el tratamiento químico (Spinosad) para larvas de *Spodoptera frugiperda*. La eficacia del Spinosad es que actúa vía oral o por contacto ocasionando problemas digestivos y de alimentación a larvas de lepidópteros los cuales mueren dentro de 24 horas ([Morales et al., 2013](#)); en cambio los nematodos entomopatógenos necesitan condiciones ambientales para su efectividad en campo como la alta humedad antes y después de una aplicación ([García et al., 2008](#); [Landazabal et al., 1973](#)), teniendo en cuenta, además, de que los nematodos entomopatógenos en condiciones naturales parasitan plagas del suelo o en hábitats crípticos ([Bayramoglu et al., 2018](#); [Hazir et al., 2003](#)); sin embargo, a pesar de ello, los resultados muestran que existen control de larvas a partir del tercer estadios de *Spodoptera frugiperda* de 28,33% con *Heterorhabditis bacteriophora* y 30,67 y 36,67% con *Heterorhabditis sp-nativo* a la concentración de 700 de infectivos juveniles / ml concentración que fue establecida con trabajo de investigación de laboratorio e invernadero anteriores. Esto resultados indican que los nematodos entomopatógenos pueden ser utilizados como complemento dentro de una acción combinada de control.

Evolución del daño e infestación en plantas de maíz amarillo duro

Es necesario observar la evolución del daño e infestación por parte de *Spodoptera frugiperda* en las unidades experimentales para una mejor comprensión del control a largo plazo de la plaga por parte de los tratamientos.

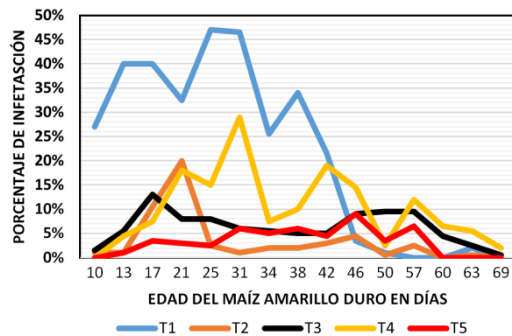


Figura 2. Porcentaje de daño de *Spodoptera frugiperda* en relación a la edad (días) en los tratamientos en experimento realizado en Paiján-La Libertad.

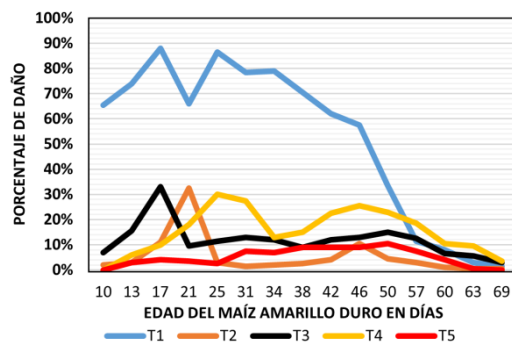


Figura 3. Porcentaje de infestación de *Spodoptera frugiperda* en relación a la edad (días) en los tratamientos en experimento realizado en Paiján-La Libertad.

En la [Figura 2](#) y [3](#) se puede observar que, a los 25 días de emergencia del maíz, en el tratamiento T1 el porcentaje de daño es 87% y el de infestación 47% respectivamente; sin embargo, el porcentaje de daño baja de 88% a 67% y el de infestación de 40% a 33% desde los 17 a 21 días. El tratamiento T2, a los 21 días el porcentaje de daño es de 32,5% y porcentaje de infestación del 20% y es el momento en que se hace la primera aplicación por lo que a los 25 días el daño y la infestación bajan hasta 3%. En el tratamiento T3, a los 21 días, el porcentaje de daño baja a 10% después de haber estado en 33% a los 17 días y la infestación también baja de 13% a los 17 días a 8% a los 21 días. En el Tratamiento 4 se observa que el porcentaje de daño sube desde los 10 días hasta los 25 días en un 30%, disminuyendo hasta 13% a los 34 días; con el porcentaje de infestación ocurre algo similar. En el tratamiento 5 se observa que el porcentaje de daño y de infestación es bajo desde los 10 hasta 69 días con daño e infestación que no sobrepasa el 12% y 10% respectivamente. Esto resultados evidencian que existe control de los tratamientos T2, T3 y T5 en el primer mes. Con el tratamiento T4 se

observa control a los 34 días, pero el porcentaje de daño e infestación vuelve a subir desde los 38 hasta 46 días. Con el tratamiento T1 queda demostrado que existe un control natural (Badii et al., 2010), razón por la cual el porcentaje de daño e infestación baja a los 21 días; sin embargo, este control no es suficiente pues el porcentaje de daño e infestación siguen siendo significativamente altos comparados con los demás tratamientos. Este control natural también explica la disminución del porcentaje de daño e infestación en el tratamiento T4 a los 34 días debido a que el parasitismo de *Telenomus remus* tal y como se reportó en la figura 6 es muy bajo comparado con los reportados en otros trabajos de investigación.

De las Figuras 2 y 3 se puede observar, además, que conforme el cultivo avanza fenológicamente, después de los 45 días el porcentaje de daño e infestación de la plaga bajan en todos los tratamientos hasta valor de 0% a los 69 días.

Rendimiento de maíz amarillo duro

El promedio del rendimiento en kg/ha se muestran en la Tabla 6. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%

Tabla 6

Rendimiento de maíz en los tratamientos del experimento realizado en Paiján-La Libertad (media ± desviación estándar)

Tratamientos	Promedio de rendimiento (kg/ha)
T2	9776,35±1436,98 a
T3	9021,29±936,54 ab
T5	8765,00±2716,28 ab
T4	7493,32±1678,63 ab
T1	5386,15±1815,87 b

El resultado evidencia que no existe diferencias significativas entre los tratamientos T2, T3, T4 y T5, aunque hay una ligera superioridad del tratamiento T2; a su vez los tratamientos T3, T5 y T4 no son significativamente diferentes al tratamiento T1; pero hay una marcada superioridad de los tratamientos T3 y T5. El rendimiento en el tratamiento T5 es ligeramente inferior al rendimiento en el tratamiento T3 a pesar de haber tenido menos porcentaje de daño e infestación de la plaga. Estos resultados muestran que el daño ocasionado por la plaga juega un rol importante en el rendimiento del maíz, pero no es determinante. Además, en el tratamiento T5 ha quedado demostrado que el biotipo de *Telenomus remus* no se logró determinar parasitismo por lo tanto el control biológico natural complementó en control en el tratamiento T5 razón por la cual el porcentaje de daño e infestación es menor que en el tratamiento

T3 sin ser significativamente diferente tal y como se muestra en la Tabla 4 y 5.

Relación entre el daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* y el rendimiento en el cultivo de maíz amarillo duro

Para establecer la relación del daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* y el rendimiento en el cultivo de maíz amarillo duro se realizó un análisis de regresión lineal, para ello se tomó el porcentaje de daño después de haber realizado la primera aplicación química que es el momento en donde se establece la mayor tendencia al aumento o disminución del porcentaje de daño en los diferentes tratamientos. Los resultados muestran que existen significancia para modelo de regresión lineal simple ($p < 0,05$) a los 25 días de la emergencia del maíz. Jaramillo et al. (1989) encontró significancia para el modelo lineal simple a los 45 y 60 días del periodo del cultivo de maíz con coeficientes de determinación de 0,1237 y 0,221 para proporción de plantas infestada y coeficientes de determinación de 0,1453 y 0,287 para índice de daño respectivamente. En nuestro resultado la significancia es a los 25 días con coeficiente de determinación de 0,4002 para porcentaje de daño tal y como se muestra en la Figura 4.

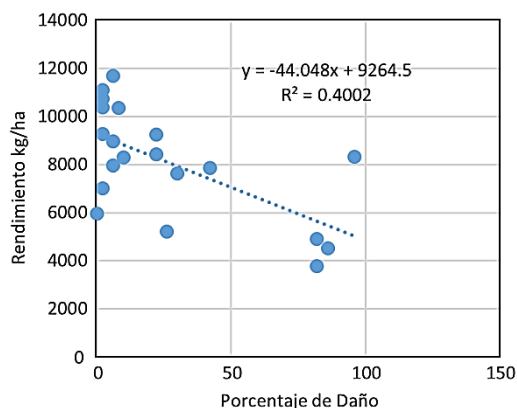


Figura 4. Regresión lineal simple para la relación entre daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* y rendimiento del maíz.

En la Figura 4 se puede observar que cuando hay menor daño del maíz por parte de *Spodoptera frugiperda* hay mayor rendimiento. Por cada porcentaje de daño existiría una disminución de 44,048 kg en el rendimiento del maíz y con un 0% de daño se obtendría 9264,5 Kg/ha de rendimiento; sin embargo, la bondad de ajuste muestra que la tendencia de relación entre estas dos variables es de 40,02% que nos es muy alto por lo que se evidencia que, aparte del daño que ocasiona *Spodoptera frugiperda*,

existen otras variables que influyen en el rendimiento del maíz. Una variable que ocasiona un impacto en el rendimiento del grano y la producción y calidad del forraje es el manejo agronómico del cultivo de maíz (Peña et al., 2010), por lo que realizar una fertilización adecuada, riegos oportunos y deshierbo permanentes permitirá aumentar los rendimientos en la producción de maíz.

Las pérdidas del rendimiento ocasionado por el daño de *Spodoptera frugiperda* puede variar. Aguirre et al. (2016) menciona pérdidas de rendimiento 30% y Farias et al. (2001), señala entre 15 a 37%.

4. Conclusiones

Existe efecto en el control de *Spodoptera frugiperda* por parte de los tratamientos ecológicos, en donde las trampas mixtas de luz LEDs con melaza al 10%, las larvas de crisopas del II estadio y los infectivos juveniles de nematodos entomopatógenos controlan adultos, huevos y larvas de *Spodoptera frugiperda*. Los tratamientos ecológicos son complementados con el control natural. Los rendimientos de producción de maíz obtenido en los tratamientos ecológicos son similares al del tratamiento químico destacándose el tratamiento ecológico T3. Existe una relación en un determinado momento del cultivo de maíz (25 días) con cierta tendencia lineal de hasta 40.02% entre el daño ocasionado a las plantas de maíz por *Spodoptera frugiperda* y los rendimientos de producción de grano obtenidos en los tratamientos. De los tratamientos ecológicos, de acuerdo a los resultados, el tratamiento T3 podría utilizarse como una alternativa ecológica.

Se recomienda realizar investigaciones utilizando la alternativa ecológica T3 y potenciarla con otros mecanismos de control de *Spodoptera frugiperda* como el control cultural, control mecánico y el manejo agronómico del cultivo para posteriormente aplicarlo en parcelas demostrativas en campo de agricultores maiceros.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA): EEA Vista Florida – Lambayeque, quien financió a través del Programa Nacional de Innovación Agraria la presente investigación en el marco del Proyecto 071-PI: “Diseño de un paquete de manejo ecológico para el control de *Spodoptera frugiperda* “cogollero” en el cultivo de maíz amarillo duro en la Región de Lambayeque y La Libertad”.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, L.; Hernández-Juárez, A.; Flores, M.; Cerna, E.; Landeros, J.; Frias, G.; Harris, M. 2016. Mexico, Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. Florida Entomologist 99(2): 276-280.
- Badii, M.; Cerna, E.; Landeros, J. 2010. Enemigos Naturales: Nociones etológicas. Daena: International Journal of Good Conscience 5(1): 256-269.
- Barrera, G.; Gómez-Valderrama, J.A.; Villamizar, L. 2017. Efficacy of microencapsulated nucleopolyhedroviruses from Colombia as biological insecticides against *Spodoptera frugiperda*. Acta Agronómica 66(2): 267-274.
- Bayramoglu, Z.; Demir, I.; Inan, C.; Demirbag, Z. 2018. Efficacy of native entomopathogenic nematodes from Turkey against the alder leaf beetle, *Agelastica alni* L. (Coleoptera: Chrysomelidae), under laboratory conditions. Egyptian Journal of Biological Pest Control 28(17): 1-5.
- Bogantes, D.; Flores, L.; Castellón, E.; Uribe, L. 2018. Encapsulamiento de nemátodos entomopatógenos en materiales basados en biopolímeros y su efecto sobre *Galleria mellonella*. Agronomía Costarricense 42(2): 9-27.
- Campodónico, F.; 2012. Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria, Universidad Católica de Argentina, Buenos Aires. Argentina. 27 pp.
- Castresana, J.; Puhl, L. 2017. Estudio comparativo de diferentes trampas de luz (LEDs) con energía solar para la captura masiva de adultos polilla del tomate *Tuta absoluta* en invernaderos de tomate en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. IDESIA 35(4): 87-95.
- Chango, L. 2012. Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Ambato: Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Ecuador. 81 pp.
- Chura, J.; Tejada, J. 2014. Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. IDESIA 32(1): 113-118.
- Farias, P.; Barbosa, J.; Busoli, A. 2001. Amostragem sequencial com base na lei de Taylor para levantamento de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. Scientia Agricola 58(2): 395-399.
- Ferrer, F. 2001. Biological control of agricultural insect pests in Venezuela; advances, achievements, and future perspectives. Biocontrol-News and Information 22(3): 67-74.
- García, L.; Raetano, C.; Leite, L. 2008. Application Technology for the Entomopathogenic Nematodes *Heterorhabditis indica* and *Steinernema sp.* (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) to Control *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Corn. Neotropical Entomology 37(3): 305-311.

- García, M. 2019. Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L.(Poaceae) “caña de azúcar”, *Zea mays* L.(Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Chicama, Perú. *Arnaldoa* 26(2): 793-814.
- Guedes, R.; Smagghe, G.; Stark, J.; Desneux, N. 2016. Pesticide-Induced Stress in Arthropod Pests for Optimized Integrated Pest Management Programs. *Annu. Rev. Entomol* 61: 3.1-3.20.
- Hazir, S.; Hazir, S.; Keskin, N.; Stock, P.; Kaya, H.; Ozcan, S. 2003. Diversity and distribution of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Turkey. *Biodiversity and Conservation* 12: 375-386.
- Hernández, D.; Ferrer, F. 1989. Introducción de *Telenomus remus* Nixon (Hym.: Scelionidae) para controlar *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) en Yaritagua-Venezuela. *Agronomía Tropical* 39: 199-205.
- Hernández-Juarez, A.; Aguirre-Uribe, L.A.; González-Ruiz, A.; Chacón-Hernández, J.C.; Landeros-Flores, J.; Cerna-Chávez, E.; Flores-Dávila, M.; Harris, M. Impact of endosulfan on the predatory efficiency larval *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on the eggs of *Heliothis virescens* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *The Canadian Entomologist* 00. 1-6.
- Jaramillo, A.; Jaramillo, O.; Bustillo, A.; Gomez, H. 1989. Efecto del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) sobre el rendimiento del maíz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 42(1): 25-33.
- Landazabal, J.; Fernández, F.; Figueroa, A. 1973. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) con el nematodo: *Neoplectana carpocapsae* en maíz (*Zea mays*). *Acta Agronomica* 23(3-4): 41-71.
- Lima-Medina, I.; Bravo, R.; Aguilar-Gomez, M. 2017. Densidad poblacional de Nematodos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en las regiones de Puno y Cusco. *Rev. Investig. Altoandin* 19(3): 243-254.
- Longcore, T.; Aldern, H.; Eggers, J.; Flores, S.; Franco, L.; Hirshfield-Yamanishi, E.; Petrinc, L.; Yan, W.; Barroso, A. 2015. Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 1-10.
- López-Llano, R.A.; Soto-Giraldo, A. 2016. Aislamiento de nematodos entomopatógenos nativos en cultivos de caña panelera y pruebas de patogenicidad sobre *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas* 20(2): 114-123.
- Morales, J.; Muñoz, L.; Rodríguez, D.; Cantor, F. 2013. Acción combinada de feromona sexual y de avispas *Apanteles gelichiivivoris* para el control de *Tuta absoluta* en cultivos de tomate bajo invernadero. *Acta biol. Colomb* 19(2): 175-184.
- Ojeda, R. 2018. Insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz (*Zea mays* L.) en La Molina. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 115pp.
- Okuma, D.; Okuma, D.; Bernardi, D.; Horikoshi, R.; Bernardi, O.; Silva, A.; Omoto, C. 2018. Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil. *Pest Management Science* 74: 1441-1448.
- Peña, A.; Gonzáles, F.; Robles, F. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento del grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(1): 27-35.
- Piñango, L.; Arnal, E.; Rodríguez, B. 2001. Fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz bajo tres sistemas de labranza. *Entomotropica* 16(3): 173-179.
- Pomari, A.; Bueno, A.; Bueno, R.; AO, M. 2013. *Telenomus remus* Nixon Egg Parasitization of Three Species of *Spodoptera* Under Different Temperatures. *Neotrop Entomol* 42: 399-406.
- Prabhu, K.; Murugan, K.; Nareshkumar, A.; Bragadeeswaran, S. 2011. Larvicidal and pupicidal activity of spinosad against the malarial vector *Anopheles stephensi*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 4(8); 610-613.
- Ramírez, Z.; Santillán, J.; Drouaillet, B.; Hernández, E.; Pecina, J.; Mendoza, M.; Reyes, C. 2018. Combinatorial aptitude and resistance to leaf damage of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in maize germplasm native to Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(1): 81-93.
- Redolfi, I. 2014. Producción y Liberación de huevos de crisopa en cultivo ecológico de olivo en la Rioja, Argentina. *Agroecología*, 9(1 y 2): 17-21.
- Sagadin, I.; Gorla, D. 2002. Eficiencia de captura de adultos de Lepidoptera plagas de maíz (*Zea mays*) y de soja (*Glicine max*) en trampas de luz de vapor de mercurio y de luz negra en la región central de la provincia de Córdoba (Argentina). *Ecología Austral* 12: 99-104.
- Sánchez-Yáñez, J.M.; López, I.; Villegas, J.; Montaña, N. 2014. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la inoculación con *Azotobacter sp* y *Burkholderia sp* dosis reducida de fertilizante nitrogenado. *Scientia Agropecuaria* 5: 17-23.
- Sparks, T.; Crouse, G.; Durst, G. 2001. Natural Products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure-activity relationships of spinosyns and spinosoids. *Pest management science* 57: 896-905.
- Swezey, S., 1990. Sistema de muestreo secuencial del cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz de riego en Nicaragua. *Rev.Nic.Ent* 11: 45-54.
- Toma, R.; Roel, A.; Miranda, R. 2017. First record of *Peckia* (Sarcodexia) *lambens* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Sarcophagidae) parasitizing *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Arq. Inst. Biol* 84: 1-4.
- Valencia, S.; Rodríguez, J.; Mesa, N. 2014. Efecto de variedades de algodón genéticamente modificadas sobre larvas de *Spodoptera*

- frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Acta Agronómica 63(1): 63-70.
- Van Grunsven, R.; Donners, M.; Boeke, K.; Tichelaar, I.; Van Geffen, K.; Groenendijk, D.; Berends, F.; Veenendal, E. 2014. Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models. J Insect Conserv 18: 225-231.
- Vivas-Carmona, L.E.; Astudillo-García, D.H.; Monasterio-Piñero P.P. 2017. Fluctuación poblacional del insecto sogata, *Tagosodes orizicolus* empleando una trampa de luz y su relación con variables climáticas en Calabozo Estado Guárico, Venezuela. J Selva Andina Biosph 5(2): 70-79.
- Zermeño-González, A.; Cárdenas-Palomo, J.O.; Ramírez-Rodríguez, H.; Benavides-Mendoza, A.; Cadena-Zapata, M.; Campos-Magaña, S.G. 2015. Fertilización biológica del cultivo de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 12: 2399-2408.