

Láminas de riego por goteo en la incidencia de *Prodiplosis longifila* (*Diptera: Cecidomyiidae*) en el tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

ISSN 0122-8420
eISSN 2539-0899Fecha de recepción: 24 de julio de 2019
Fecha de aceptación: 16 septiembre de 2019Ángel Ramón Sabando García • 1
Mikel Ugando Peñate • 2
Jesús Enrique Chavarría Párraga • 3
Néstor Leopoldo Tarazona Meza • 4
Lenin Antonio Sabando García • 5

DOI: 10.19053/01228420.v17.n2.2020.11063

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de cuatro láminas de riego por goteo sobre la incidencia de *Prodiplosis longifila* en el cultivo del tomate. El estudio se llevó a cabo durante la época seca, de mayo a septiembre de 2018, en La Venturita del Cantón Bolívar, provincia de Manabí. Se analizaron láminas de riego con variaciones de porcentaje de evapotranspiración. Tratamiento 1: lámina de riego por goteo al 80 % de ETc; tratamiento 2: lámina de riego por goteo al 100 % de ETc; tratamiento 3: lámina de riego por goteo al 120 % de ETc y 78 % (Testigo). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y seis repeticiones. Los datos climáticos de evaporación y precipitación fueron tomados diariamente de la Estación Agrometeorológica de la ESPAM, y la conductividad eléctrica del suelo y agua fue medida en el INIAP "Pichilingue". Con esta información se hizo el cálculo del riego para las diferentes láminas y etapas fenológicas. Los resultados permiten determinar que con la aplicación de la lámina de riego al 100 % de ETc se registró la menor infestación de *P. longifila* acompañada por un programa racional de plaguicidas, con 11 aplicaciones de sustancias de diversa naturaleza, frente a 30 a 35 aplicaciones que comúnmente realizan los agricultores.

Palabras clave: infestación, manejo integrado, riego por goteo, umbral.

Drip Irrigation sheets on Incidence of *Prodiplosis longifila* (*Diptera: Cecidomyiidae*) in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Abstract

This investigation sought to determine the effect of four drip irrigation sheets on the incidence of *Prodiplosis Longifila* in the tomato crop. It was carried out during the dry season from May to September 2018 in La Venturita del Cantón Bolívar, Province of Manabí. Irrigation sheets were studied with variations of evapotranspiration percentage. Treatment 1: drip irrigation sheet at 80% ETc; Treatment 2: drip irrigation sheet at 100% ETc; Treatment 3: drip irrigation sheet at 120% ETc and 78% (Control). A completely randomized design (CRD) was used, with four treatments and six repetitions. The climatic data of evaporation and precipitation were taken daily from the Agrometeorological Station of ESPAM and the electrical conductivity of the soil and water carried out in the INIAP "Pichilingue". With this information the irrigation calculation for the different sheets and phenological stages was made. The results allow determining that with the application of the 100% ETc irrigation sheet, the lowest infestation of *P. longifila* was recorded accompanied by a rational program of pesticides, with 11 applications of different kind of substances, compared to 30 to 35 applications commonly carried out by farmers.

Keywords: infestation, integrated management, drip irrigation, threshold.

1. Mg. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí (Portoviejo, Ecuador). sgar@pucesd.edu.ec  ORCID: 0000-0003-2696-015X.
2. PhD. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo. (San Cristóbal e Isla Santa Cruz, Ecuador). upm@pucesd.edu.ec  ORCID: 0000-0002-3021-0717
3. Mg. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí (Portoviejo, Ecuador) jchavarría@pucesd.edu.ec  ORCID: 0000-0001-8868-394X.
4. I.A., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (Calceta, Ecuador) ntarazona@espam.edu.ec  ORCID: 0000-0002-2145-6475
5. MV. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, (Calceta, Ecuador) lsabando@espam.edu.ec  ORCID: 0000-0001-5438-9590.

I. Introducción

En Ecuador, el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es considerado de gran importancia económica entre las hortalizas. En este país es sembrado mayormente en el litoral y los valles interandinos. En la provincia de Manabí se siembra en zonas influenciadas por el sistema de riego Carrizal Chone y Poza Honda. En Ecuador se cultivan aproximadamente 1834 ha de tomate con un rendimiento promedio de 30,28 t ha⁻¹ (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2016).

Dentro de los problemas fitosanitarios más limitantes del cultivo del tomate en Ecuador se encuentra el insecto *Prodiplosis longifila* (Gagné) (Diptera: Cecidomyiidae), comúnmente denominado negrita o caracha. Este insecto, fuera de Ecuador, tiene presencia confirmada en países como Colombia y Perú (Valarezo et al., 2003). Esta plaga es una mosca polífaga de tamaño pequeño, que deforma severamente los brotes tiernos, las inflorescencias y los frutos pequeños, lo cual limita la producción del cultivo de *S. lycopersicum* y, por consiguiente, perjudica la economía del país (Mena, Mesa, Estrada & García, 2014).

Se reporta que *P. longifila* está presente en América del Sur ocasionando daños en diferentes cultivos (Duque, Manzano & Rodríguez, 2018). Existen reportes en Ecuador sobre ataques a hortalizas como tomate, papa, soja, frijol, campana pimienta (Valarezo et al., 2003). En Perú está presente en cultivos de espárragos, tomate, papa, frijoles y cucurbitáceas (Goldsmith, Castillo & Clarke-Harris, 2013), y en Colombia se ha encontrado alimentándose de cultivos como tomate, pimienta y lima Tahití (Hernández, Guzmán, Martínez-Arias, Manzano & Selvaraj, 2015).

Dentro del esquema de manejo de *P. longifila* en el cultivo de tomate se han empleado diferentes alternativas que van desde la evaluación de nuevos genotipos (Mena et al. 2014), de parasitoides (Hernández, Manzano, Guzmán & Buhl, 2018) y de entomopatógenos (Cedano & Cubas, 2012); el empleo de trampas de luz (Camborda, Castillo & Rodríguez, 2015) o la aplicación de insecticidas (Lindao, Jave, Retuerto, Erazo & Echeverría, 2017; Chirinos et al. 2020); sin embargo, actualmente este insecto causa enormes pérdidas en los cultivos de tomate.

Ahora bien, el riego por goteo ofrece muchos beneficios, entre ellos la reducción del consumo de agua y del requerimiento de mano de obra, mejor manejo de fertilización, control de plagas y enfermedades; además provee a la planta la cantidad exacta de agua que necesita. Asimismo, la programación del riego puede ahorrar alrededor de un 50 % de agua e influye favorablemente en la altura de la planta, el índice de área foliar, el diámetro de tallo, el número de racimos florales y la longitud

de raíces; en este último caso, además, ayuda a que estén distribuidas homogéneamente de acuerdo con el bulbo de humedecimiento. Por su parte, Gonzales (2016) menciona que la lámina de riego con 150 % y 100 % de evapotranspiración (ETc) mostró el mejor rendimiento y el mayor número de frutos comerciales por hectárea. Otra ventaja que presenta el uso correcto del agua mediante el sistema de riego por goteo es la reducción a 13 aplicaciones de insecticidas sintéticos y de naturaleza vegetal para el manejo *P. longifila*, lo cual contrasta con 30 a 35 aplicaciones que realiza el agricultor (Cuzme & Sabando, 2005).

Se ha detectado una mayor infestación de *Prodiplosis longifila* en suelos con un mayor contenido de arena y humedad, situación que favorece el desarrollo y la rápida emergencia de adultos (Valarezo, Cañarte, Navarrete, Guerrero & Arias, 2008). En este sentido, el uso inadecuado del agua en los sistemas de riegos convencionales como el de gravedad y láminas de riego por goteo descontroladas ayudan a la proliferación de las poblaciones de *Prodiplosis longifila*, causando pérdidas hasta del 100 %. Además es importante tener en cuenta que esta plaga se alimenta de brotes tiernos, flores y frutos pequeños de tomate, y ocasiona daño desde el semillero hasta la cosecha (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2003).

Por lo anterior, es importante conocer el efecto de factores como el manejo inadecuado del agua, el desconocimiento de las variaciones de la evapotranspiración y el cálculo sobreestimado de las láminas de riego; Siendo este último, un indicador importante de manejo, planificación y programación de riego durante las etapas de desarrollo del cultivo (Allen et al., 2006). Según lo expuesto es de gran importancia establecer correctas láminas de riego para el uso eficiente del agua en la agricultura y garantizar la sostenibilidad de los sistemas productivos (Daza et al., 2015). Por consiguiente, el objetivo general de investigación es analizar cuatro láminas de riego, aplicadas mediante riego por goteo y su influencia en el control de *Prodiplosis longifila* en diferentes etapas fenológica del cultivo de tomate.

II. Materiales y métodos

La investigación se realizó durante la época seca del 2018 (mayo a septiembre), en la finca del señor Manuel Delgado, ubicada en el sitio La Venturita del Cantón Bolívar, de la provincia de Manabí (0°49'23" de latitud sur, 80°11'01" de longitud oeste; a una altitud de 15 msnm); con características agroclimáticas de temperatura media anual: 26 °C; precipitación media anual: 1027 mm; humedad relativa: 82 % y heliofanía:

1113,3 horas/sol/año.

Se empleó un diseño completamente al azar con seis réplicas. La Tabla 1 muestra los tratamientos empleados con sus respectivas variaciones de ETC (evapotranspiración) para cada lámina de riego, calculados a partir de los registros diarios de evaporación en un tanque evaporímetro tipo A. Para la determinación de la evapotranspiración del tomate se usaron coeficientes Kc por etapa de cultivo, siguiendo las recomendaciones de Jensen, Burman y Allen (1990).

Tratamientos	Nomenclatura	Variación porcentaje de evapotranspiración
Lámina de riego 1	L ₁	80 % ETC del tomate en cada etapa del cultivo
Lámina de riego 2	L ₂	100 % ETC del tomate en cada etapa del cultivo
Lámina de riego 3	L ₃	120 % ETC del tomate en cada etapa del cultivo
Lámina de riego del productor	L ₄	77 % ETC del tomate en cada etapa del cultivo

Tabla 1. Láminas de riego en relación con los diferentes porcentajes de evapotranspiración

Etapas de desarrollo días después de la siembra (dds*)	Kc
Estado inicial (0 a 20)	0,60
Estado máximo crecimiento y desarrollo (21 a 55)	0,90
Estado intermedio (56 a 90)	1,25
Estado final (91 a 115)	0,95

Fuente: Valencia y Proaño (2005)

Tabla 2. Láminas de riego y Kc en función de las diferentes etapas fenológicas del cultivo

Para este estudio, se consideraron las propiedades hidrofísicas del suelo donde se llevó a cabo el experimento. En cuanto al análisis de suelo, se reportó un suelo arcilloso compuesto de 16 % de arena, 26 % de limo y 58 % de arcilla; además, con densidad aparente 1,17 g/cc y materia orgánica de 2 % y conductividad eléctrica de 1,48 dS/m. Con los valores obtenidos se determinó la necesidad hídrica del cultivo. En lo relativo

al factor de agotamiento y el límite productivo, se debió considerar adicionalmente el 85 % de la CC teniendo en cuenta el tipo de cultivo y la tecnología del riego, según los criterios expuesto por Jensen *et al.* (1990).

El sistema de riego se instaló con una tubería principal de diámetro de 50 mm. Posteriormente, se acoplaron a esta tubería tres ramales con el mismo diámetro, y en ellos se incorporó la cinta de gotero en función de las cuatro láminas de riego que se analizaron en este estudio. Cada ramal estaba conformado por una llave de paso de agua y acompañado de un manómetro con el fin de determinar la presión del agua. Para mantener la presión de cada gotero se empleó una presión de 10,5 psi a la entrada de los ramales y además se montó un manómetro al inicio del ramal principal, con el objetivo de conocer la presión general en todo el ensayo.

Asimismo, para el manejo del riego se tomaron en cuenta los factores agroclimáticos, los cuales son fundamentales para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos. Para la realización de la programación teórica y práctica del riego se utilizaron los datos climáticos de la estación agrometeorológica del campus de la ESPAM de junio a septiembre del año 2018, los cuales comprendieron temperatura máxima y mínima, humedad relativa, precipitación, evaporación, velocidad del viento y horas luz.

Se utilizó un distanciamiento de 1,30 m entre líneas por 0,60 m entre plantas, obteniéndose de esta forma una población de 12820 plantas por hectárea. Para el control de insecto plaga se llevaron a cabo todas las labores recomendadas por los departamentos técnicos de apoyo de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP y la UTM, y el programa fitosanitario para el manejo de *P. longifila*.

Para el caso del control de *Prodiplosis longifila*, se realizaron evaluaciones dos veces por semana en todo el ensayo; además, se consideró necesario emplear una sustancia química u orgánica con el umbral del 10 % de aplicación. Se hizo rotación de ingredientes activos y se utilizaron varias sustancias recomendadas por el DNPV-Entomología de la EE Portoviejo.

A. Características agronómicas del material de siembra

El material correspondió al híbrido de tomate Miramar de crecimiento indeterminado, 88 días a inicio de cosecha, 2 metros de altura, de fruto redondo con un promedio de 210 g y dureza extrafirme y producción aproximada de 70,000 kg ha⁻¹ según datos de Seminis (2018).

Rendimiento: para calcular el rendimiento total y el efecto *P. longifila* sobre la producción de tomate, en cada pase de cosecha se registró la siguiente información del área útil: a) número y peso de frutos sin daño de *P. longifila*; b) número y peso de frutos con daño *P. longifila* y valor comercial; c) número y peso de frutos con daño de *P. longifila* sin valor comercial; y d) rendimiento en kg/ha.

B. Datos tomados y método de evaluación de las láminas de riego por goteo

Las evaluaciones de las diferentes láminas de riego se iniciaron en los primeros días posteriores a la siembra, de acuerdo con los datos agroclimáticos como suelo, agua, clima tipo de riego y cultivo, hasta los 110 días posteriores a la siembra, considerando para su evaluación las diferentes etapas del ciclo biológico del cultivo, así como también la evaporación de la unidad experimental (ensayo).

a. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

Se calculó la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm), en relación con el coeficiente del tanque tipo A y su respectiva evaporación. Cabe indicar que este tanque estima los efectos integrados del clima, tales como temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, brillo solar, en función de la evaporación de una superficie de agua libre de dimensiones standard. ET_o= evaporación del cultivo de referencia, expresada en mm por día; K_p= coeficiente de la cubeta de la clase A y E_p= evaporación de la cubeta, expresada en mm por día (formula 1).

$$ET_o = K_p * E_p \quad (1)$$

b. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Para el caso de la evapotranspiración, conociendo que es la cantidad de agua que se pierde por transpiración y evaporación, y en relación con los diferentes coeficientes del cultivo de acuerdo con la etapa vegetativa, los coeficientes que se han de utilizar se presentan en la Tabla 3 y se irán ajustando según las etapas del cultivo. Se calculó utilizando la fórmula 2: donde ET_o= evaporación de referencia (mm) y K_c= coeficiente del cultivo, que varía según el cultivo y etapa vegetativa.

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (2)$$

c. Determinación del volumen de agua (V_a) diario requerido por la planta (l/día)

El volumen de agua del cultivo de tomate se determinó mediante la relación de fórmula 3: ET_c= evapotranspiración del cultivo mm/día; E_{eh}= espaciamiento de las plantas entre hileras (m) y E_{sh}= espaciamiento de las plantas sobre la hilera (m).

$$V_a = ET_c * E_{eh} * E_{sh} \quad (3)$$

d. Volumen total (v_t) diario de agua para aplicar a la planta (l/día)

Para el cálculo del volumen total diario de agua para aplicar a la planta (l/día), se consideró la fórmula 3: donde V_a= volumen de agua diario requerido por la planta (l/día); E_f= eficiencia de aplicación del agua de riego (riego por goteo 90 %) y RL= requerimiento de lavado.

e. Requerimiento de lavado

Para este requerimiento de lavado se empleó la fórmula 4, que es frecuente para el riego por goteo y microaspersión de alta explotación. Vale la pena mencionar que RL= requerimiento de lavado, expresado en tanto por uno. CE_a = conductividad eléctrica del agua de riego, expresada en dS/m. y máx CE_e = conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, para la cual el descenso de producción es del 100 %. Se expresa en dS/m.

$$RL = \frac{CE_a}{2 * \text{máx } CE_e} \quad (4)$$

f. Volumen de agua (v_{cm}) que se debe entregar por metro lineal de cinta de riego (l/día/m)

Este se determinó en función a la fórmula 5: donde V_t= volumen total diario para aplicar por la planta (l/día) y °= número de plantas por metro lineal.

g. Tiempo de riego (tr) por cinta (hr)

Para determinar el tiempo de riego (fórmula 6) en el ensayo experimental del cultivo de tomate, se consideró V_{cm} = volumen de agua que se debe entregar por metro lineal de cinta de riego (l/día/m) y Q_{cm} = caudal que entrega la cinta por metro lineal (l/h).

$$TR = \frac{V_{cm}}{Q_{cm}} \quad (6)$$

C. Análisis estadístico

Las variables fueron analizadas estadísticamente mediante el programa SPSS versión 20, para lo cual se consideró la distribución normal y la prueba de homogeneidad de las varianzas. Una vez determinados estos supuestos, se procedió a realizar la prueba de Fisher con su respectivo análisis de la varianza, y en aquellas que presentaban significancia ($p < 0,05$) se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 % ($p < 0,05$).

III. Resultados y discusión

A. Lámina de riego aplicada por los diferentes tratamientos de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo de tomate

En la Tabla 3 se reportan los valores de la evaporación diaria, cantidad de agua aplicada y el tiempo de riego en horas y minutos, de acuerdo con las diferentes etapas fenológicas del cultivo de tomate desde el mes de junio hasta septiembre del 2018.

Se observó que en la etapa fenológica inicial la evaporación registró un total de 229,44 mm con una media de 2,87 mm/día y desviación de 0,90 mm/día y con una cantidad de consumo de agua de 113,58 mm y representando por un gasto promedio de 1,42 mm/día y una dispersión de 0,58 mm/día. Considerando un tiempo de riego de 37,97 horas para esta etapa, que equivale a 2276,54 minutos, y con una media de 28,46 minutos/día y dispersión de 11,70 minutos/día, respectivamente.

Con respecto a la etapa fenológica de desarrollo (Tabla 3), que comprende 35 días después de la etapa inicial, se puede observar que la evaporación plasmó un valor de 454 mm con media de 3,25 mm/día y desviación estándar de 1,53 mm/día.

Además, registró una cantidad de consumo de agua de riego de 326 mm con una media de 2,33 mm diario y desviación de 1,17 por riego, considerando un tiempo de riego de 108,97 horas, que equivale a 6534,88 minutos, con un riego promedio de 46,88 minutos y desviación típica de 23,27 minutos por día.

La etapa fenológica media del cultivo de tomate fue la que plasmó el mayor valor de evaporación (581 mm), con una media diaria de 4.15 minutos y una desviación de 1,29 minutos diarios. La cantidad de agua aplicada fue 508,01 minutos durante los 35 días que duró esta etapa, con un promedio de consumo de 3,63 minutos y desviación de 1,48 minutos, y finalmente, el tiempo de riego se registró en 169,32 horas, que representan 10160,17 minutos, con un promedio de consumo de 72,57 minutos de riego con una desviación de 29,55 minutos.

Y la etapa fenológica final reportó una evaporación de 349,72 mm, con una media de 4,37 mm y desviación de 1,34 minutos por día. El tiempo de riego para estos 20 días que corresponden a esta etapa fue de 78,63 horas, que representan 4720,74 minutos, con un promedio de 59,01 minutos/día y una dispersión de 29,55 minutos/día.

Etapa fenológicas del cultivo de tomate		Evaporación días (mm)	Cantidad de agua (mm)	Tiempo de riego (hora)	Tiempo de riego (minutos)
Etapa inicial	*N	80	80	80	80
	Media	2,87	1,42	0,47	28,46
	Desv. típ.	0,90	0,58	0,20	11,70
Etapa de desarrollo	*N	140	140	140	140
	Media	3,25	2,33	0,78	46,68
	Desv. típ.	1,53	1,17	0,39	23,27
Etapa media	*N	140	140	140	140
	Media	4,15	3,63	1,21	72,57
	Desv. típ.	1,29	1,48	0,49	29,55
Etapa final	*N	80	80	80	80
	Media	4,37	2,95	0,98	59,01
	Desv. típ.	1,34	1,15	0,38	23,10
Total	*N	440	440	440	440
	Media	3,67	2,69	0,90	53,85
	Desv. típ.	1,44	1,43	0,48	28,62

fenológicas del cultivo de tomate

*N=sumatoria de días para cada tratamiento

Tabla 3. Dinámica de la evaporación, consumo de agua y tiempo de riego en las diferentes etapas

B. Efecto de cuatro láminas de riego por goteo en la incidencia de *Prodiplosis longifila*

La Figura 1 muestra la evaluación de la dinámica de las cuatro láminas de riego por goteo en la incidencia de *Prodiplosis longifila* para su manejo, para la cual se llevó a cabo una acumulación semanal de la evaluaciones, obteniéndose un total de 12 semanas. De manera general, se observó que la infestación en los tratamientos estudiados presentó una fluctuación muy similar, coincidiendo siempre con un ascenso y descenso de la infestación de la plaga.

En este sentido, se puede mencionar sobre las cuatro láminas de riego por goteo con sus diferentes porcentajes de evapotranspiración, que coincidieron en la mayor infestación en la tercera semana de julio, con 43,91% para la lámina de riego al 77 % ETC (Testigo); 38,11 % para la lámina de riego al 100 % de ETC; 37,77 % para la lámina de riego al 80 % de ETC; y 33,48 % en la lámina de riego al 120 % de ETC. Igual sucedió con la menor infestación, donde tres de las cuatro láminas de riego estudiadas coincidieron en que en la cuarta semana de julio fue cuando se presentó el mayor descenso de la plaga, con 0,81% reportado por la lámina de riego a 80 % de ETC; 1,33 % la lámina de riego aplicada al 77 % de ETC, y 1,72 % la lámina de riego de 120 % ETC. El tratamiento de la lámina de riego al 100 % de ETC, en cambio, presentó su menor infestación en la segunda semana de julio con 0,61 %

contrastan con los de la lámina de riego por goteo al 80 % de ETC, la cual, de manera general, presenta a lo largo del tiempo una mayor infestación, situación que es compartida con la lámina de riego al 77 % de ETC (testigo). Estos datos permiten mencionar que en las parcelas con una menor lámina de riego aplicada a lo largo del estudio, la infestación de la plaga se incrementa.

La Figura 2 presenta una relación de la infestación de *Prodiplosis longifila* a las 72 horas posteriores a la aplicación de las diferentes sustancias sintéticas y orgánicas utilizadas para el manejo de esta plaga y de acuerdo con las diferentes láminas de riego por goteo. Se hicieron 11 aplicaciones con el umbral del 10 % de infestación; seis de ellas con insecticidas organosintéticos, que se emplearon hasta los 65 días posteriores al trasplante, y cinco con insecticidas de origen de naturaleza vegetal, utilizados a partir de esta fecha.

Se aprecia, además, que de las seis aplicaciones realizadas con insecticidas sintéticos, en todas ellas se logró disminuir la infestación muy por debajo del umbral de aplicación; mientras que en las cinco aplicaciones con botánicos, solo en tres de ellas se llegó a reducir, pero nunca por debajo del umbral de aplicación; con las restantes cinco aplicaciones de botánicos, la infestación se incrementó pese a la intervención de estas sustancias.

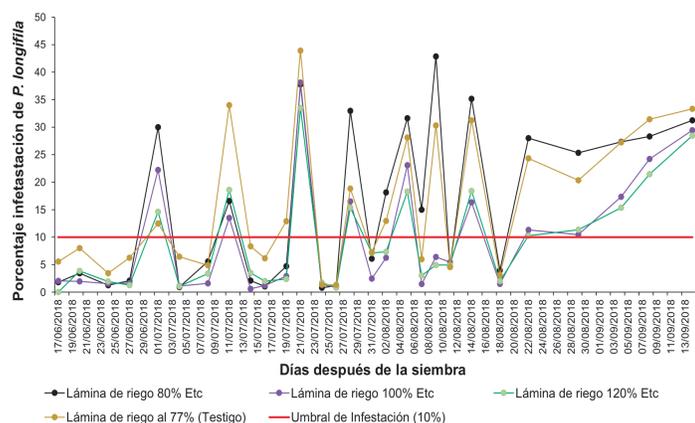


Figura 2. Movimiento de la infestación de *P. longifila* después de 72 horas de la aplicación del programa fitosanitario en las diferentes láminas de riego aplicadas en el cultivo de tomate.

En la misma Figura 1 se observa que la lámina de riego por goteo con evapotranspiración al 100 % ETC fue la que presentó una menor infestación a lo largo de la investigación, seguida por la lámina de riego al 120 % de ETC. Estos resultados

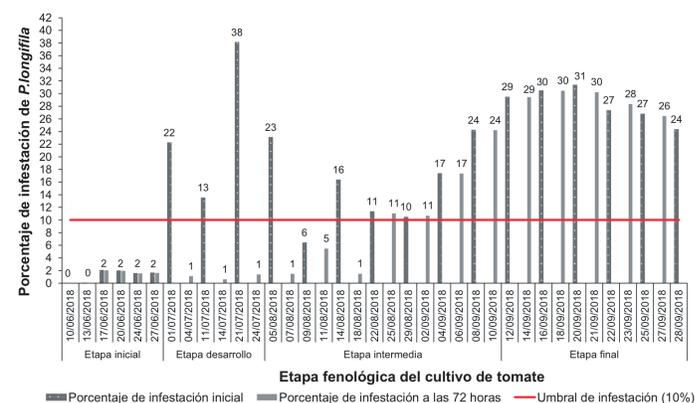


Figura 2. Movimiento de la infestación de *P. longifila* después de 72 horas de la aplicación del programa fitosanitario en las diferentes láminas de riego aplicadas en el cultivo de tomate.

En esta misma figura también se puede observar que hasta los 65 días después del trasplante, en que se realizaron aplicaciones de los insecticidas sintéticos, la infestación llegó hasta un máximo de 43,91 %, logrando bajarla hasta un

0,83 %; a diferencia del periodo en que solo se aplicaron insecticidas de naturaleza vegetal, en que la infestación se incrementó hasta un 33 %, ocasionando severos daños, no pudiendo nunca disminuir la infestación por debajo del 10,27%.

Al no poder reducir la infestación con los insecticidas botánicos a partir de los 65 días posteriores a la siembra, las altas poblaciones y la continuidad de la infestación provocaron la defoliación total de los brotes terminales y, por consiguiente, que la planta no creciera y que no aparecieran nuevos brotes florales, aunque se seguía suministrando el riego. Finalmente, vale resaltar que a pesar de estas altas infestaciones, y de acuerdo con el umbral de aplicación, solo se realizaron 11 aplicaciones, en contraste con las 35 a 40 que hace el agricultor. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Cuzme y Sabando (2005). Asimismo, hay que anotar que, con la integración de prácticas agrícolas como el uso del riego por goteo, solo se necesitaron 13 aplicaciones de insecticidas sintéticos.

Láminas de riego	Media*
Lámina de 80 % de ETc	9,73 a
Lámina de 100 % de ETc	6,75 c
Lámina de 120 % de ETc	6,29 c
Lámina al 77 % de ETc (Testigo)	8,94 b

*: Medias acompañadas de letras iguales no difieren estadísticamente según el Test Tukey ($p > 0,01$).

Tabla 4. Promedios de brotes infestados de larvas vivas de *P. longifila* en las diferentes láminas de riego aplicadas

En la Tabla 4 se registra el promedio de brotes infestados con presencia de larvas para las diferentes láminas de riego por goteo aplicadas con su respectivo porcentaje de evapotranspiración del cultivo de tomate. Se encontraron diferencias estadísticas con un nivel de significancia del 1 %, lo cual fue corroborado mediante la prueba de Tukey ($p < 0,01$). La menor infestación la reportaron la lámina de riego al 120 % de ETc y la lámina de riego al 100 % de ETc, con diferencias estadísticas frente a las láminas 80 % de ETc y 77 % de ETc (testigo).

Con el fin de conocer la presencia de infestación de larvas vivas por brotes de *P. longifila* en las diferentes etapas fenológica del cultivo de tomate bajo diferentes láminas de riego, en la Tabla 5 se registran los valores promedios de la infestación. Se puede observar que la etapa fenológica inicial y el

desarrollo no presentaron diferencias estadísticas. La etapa intermedia y la final mostraron diferencias estadísticas, pues los tratamientos con láminas de riego al 100 % y 120 % de ETc revelaron la menor infestación.

Láminas de riego	Etapa fenológica			
	Inicio Media*	Desarrollo Media*	Intermedia Media*	Final Media*
Lámina de 80 % de ETc	2,10 a	9,23 a	12,4 a	13,4 a
Lámina de 100 % de ETc	1,05 a	8,43 a	7,1 b	8,8 c
Lámina de 120 % de ETc	0,90 a	7,69 a	6,8 c	8,2 c
Lámina al 77 % de ETc (testigo)	1,45 a	7,57 a	12,7 a	12,2 b

*: Medias acompañadas de letras iguales no difieren estadísticamente según el Test Tukey ($p > 0,01$).

Tabla 5. Brotes infestados con larvas vivas en relación con las diferentes láminas de riego aplicadas y de acuerdo con las etapas fenológicas en el cultivo de tomate

Sin embargo, es muy notoria la significancia estadística en la etapa fenológica (Tabla 5) intermedia ($P < 0,01$); se nota que los mayores promedios de infestación de la plaga se encontraron en la lámina de riego al 80 % de ETc conjuntamente con el 77 % de ETc.

Finalmente, el ADEVA indicó significancia estadística al 0,001 % con respecto a Tukey en la etapa fenológica final. Y de acuerdo con las diferentes láminas de riego, se hallaron los mayores promedios de infestaciones en la lámina de riego al 80 % y al 77 % de ETc. Se reporta una confiabilidad de los resultados de 42,65% según el coeficiente de variación.

Estos resultados nos permiten determinar que las mayores infestaciones de *P. longifila* se reportan en las láminas de riego con menor porcentaje de evapotranspiración (80 % y 77 %). Contrastando con las altas láminas de riego por goteo con una evapotranspiración del cultivo de 100 % y 120 % de ETc, que presentaron los menores promedios de larvas vivas por brotes infestados a lo largo del estudio.

Una vez establecidas las infestaciones de los brotes por el efecto de *P. longifila* en los diferentes tratamientos estudiados, se procedió a determinar el rendimiento del cultivo de tomate en función al promedio de fruto sin valor comercial, con daños y valor comercial y frutos sanos, que se puede apreciar en la Tabla 6.

Condiciones de frutos por *P. longifila*

Láminas de riego	Número de frutos con daños sin valor comercial		Número de frutos con daños pero con valor comercial		Número de frutos sanos		Número de frutos comerciales (sanos y con daños pero con valor comercial)	
	Media*	Media*	Media*	Media*	Media*	Media*	Media*	Media*
Lámina de 80 % de ETc	2,10	a	9,23	a	4,1	c	27,	c
Lámina de 100 % de ETc	1,05	a	8,43	a	16,	a	45,	a
Lámina de 120 % de ETc	0,90	a	7,69	a	17,	a	47,	a
Lámina al 77 % de ETc (testigo)	1,45	a	7,57	a	11,	b	36,	b

*: Medias acompañadas de letras iguales no difieren estadísticamente según el Test Tukey (p>0,01).

Tabla 6. Número de frutos sin valor comercial, con valor comercial y sanos por efecto de *P. longifila* en las diferentes láminas de riego en el cultivo de tomate

De acuerdo con el ADEVA, la variable número de frutos con daños sin valor comercial no demostró significancia al 5 % en los diferentes tratamientos de láminas de riego por goteo; sin embargo, la Tabla 6 permite visualizar que el mayor promedio lo indicó la lámina de riego al 80 % y el 77 % de ETc. Estos resultados no concuerdan con lo hallado por Gonzales (2016), quien indica que el tratamiento de riego con 150 % de la ETc tuvo mayor rendimiento de frutos con daño de plagas y/o enfermedades por el exceso de follaje.

De la misma forma, la variable número de frutos con daños pero con valor comercial no presentó significancia estadística; pero la Tabla 6 permite determinar que el mayor promedio de infestación lo tuvo el tratamiento al 80 % de ETc, a diferencia de las otras láminas de riego, que plasmaron medias inferiores. Sin embargo, la variable número de frutos sano reveló diferencias estadísticas al 0,1 % según Tukey (p<0,001); el mayor promedio de frutos sanos fue mostrado por las láminas de riego al 100 % y 120 % de ETc, contrastando muy drásticamente con las otras láminas de riego por goteo.

Por último, la variable número de frutos comerciales, que comprende los sanos y frutos con daños pero con valor comercial, indicó diferencias en significancia con la prueba de Tukey (p<0,01), y los mayores promedios de rendimiento fueron los de las láminas de riego al 100 % y 120 % de ETc respectivamente en este estudio. Estos datos coinciden con García, Vilaró y González (2007), quienes manifiestan

que al aumentar la lámina de agua se observó un incremento en el rendimiento de tomate, en los distintos experimentos. El manejo con la aplicación de riego del 100 % de la evapotranspiración máxima del cultivo fue superior a los demás manejos aplicados.

Por otra parte, en la Tabla 7 se registra el peso (kg) promedio de frutos por efecto de la *P. longifila* en las diferentes láminas de riego por goteo. Para el caso de la variable kilogramos de frutos con daños sin valor comercial, no se presentó significancia al 5 %; sin embargo, se observa que los promedios más altos de frutos con daños los obtuvieron las láminas de riego al 80 % y al 77 % de ETc. De igual manera, la variable kilogramos de frutos con daños pero con valor comercial no presentó diferencias estadísticas; la diferencia fue que los promedios más altos se reportaron en las láminas de riego al 120 % y 100 % de ETc.

Al respecto, la variable peso de frutos sanos mostró diferencia estadística de acuerdo con la prueba de Tukey (P<0,001), reportando los promedios en kilogramos más altos en las láminas de riego al 100 % y al 120 % ETc, y los otros tratamientos indicaron valores menores. Lo mencionado coincide con Cuzme y Sabando (2005), cuando mencionan que el sistema de riego por goteo señaló el más alto valor de frutos comerciales de tomate por parcela, así como también el mayor promedio de frutos sanos y fruto con *P. longifila* y valor comercial.

Y finalmente, en la variable de peso de frutos comerciales, que considera frutos sanos y con daños pero con valor comercial, se hallaron diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey (P<0,05%); se presentó el mejor comportamiento con las láminas de riego al 100 % y al 120 % de ETc, con los mayores pesos promedio en kilogramos; lo que contrasta con las otras láminas de riego, que tuvieron menores promedios de peso en kilogramos.

Láminas de riego	Variables evaluadas							
	PSC	PCVC	PFS	PFSCVC				
	Media ^{ns}	Media ^{ns}	Media*	Media*				
Lámina de 80 % de ETc	1,61 kg	a	3,91 kg	a	0,7743 kg	c	4,69 kg	c
Lámina de 100 % de ETc	1,51 kg	a	3,99 kg	a	2,7889 kg	a	6,78 kg	a
Lámina de 120 % de ETc	1,62kg	a	4,54 kg	a	2,7771 kg	a	7,32 kg	a
Lámina al 77 % de ETc (testigo)	1,75 kg	a	3,90 kg	a	1,9986 kg	b	5,90 kg	b
CV (%)	71,24		70,61		87,84		61,62	

Nota: Test Tukey; *<0,001; NS>0,05; medias acompañadas de letras iguales no difieren estadísticamente.

PSVC: kilogramos de frutos con daños sin valor comercial; PCVC: kilogramos de frutos con daños pero con valor comercial; PFS: kilogramos de frutos sanos; PFSCVC: kilogramos de frutos comerciales (sanos y con daños pero con valor comercial).

Tabla 7. Peso promedio de frutos (kg) por efecto de *P. longifila* en las diferentes láminas de riego en el cultivo de tomate

IV. Conclusiones

Las mayores infestaciones de *P. longifila* se reportaron en las láminas de riego con menor porcentaje de evapotranspiración del cultivo (78 % y 80 %).

La lámina de riego por goteo al 100 % de ETC presentó el mayor rendimiento kilogramos/ha, mayor número de frutos/ha. Por lo tanto, se recomendaría manejar la lámina de riego por goteo al 100 % de ETC para el incremento de la producción y la reducción del impacto negativo de *P. longifila* en el cultivo de tomate.

Referencias

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO.

Camborda, F., Castillo, J. & Rodríguez, S. (2015). Trampas de luz con panel pegante para la captura de adultos de *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en el cultivo de espárrago. *Ecología Aplicada*, 14(2), 139-145.

Cedano, C. & Cubas, P. (2012). *Baeuveria bassiana* (Bals) Vuill y *Metarhizium anisoplae* (Metsch.) Sorokin para el control de pupas de *Prodiplosis longifila* Gagné en el cultivo de espárrago. *Scientia Agropecuaria*, 3(1), 29-34.

Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, S., Solís, L. & Geraud, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Cienc Tecnol Agropecuaria*, 21(1), 1-16. Doi: https://doi.org/10.21930/rcta-vol21_num1_art:1276

Cuzme, B. & Sabando, A. (2005). Efecto de dos sistema de riego y la poda en el manejo integrado de *Prodiplosis Longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en el cultivo de tomate indeterminado en el valle carrizal Chone. 2004. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.

Daza, M., Jurado, J. & Torres, V. (2015). Efecto de aplicación de diferentes láminas de riego en estevia (*Stevia rebaudiana bert*) bajo invernadero. *Temas Agrarios*, 20(1), 81-90.

Duque, V., Manzano, M. R. & Rodríguez, E. (2018). Biology of

Prodiplosis longifila Gagné and Population Fluctuation in Tomato Crops Sprayed with Insecticides. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(1), 8351-8358. Doi: <https://dx.doi.org/10.15446/rfna.v71n1.64262>

García, C., Vilaró, F. & González, M. (2007). Manejo del riego en el cultivo de tomate industria. Programa Nacional de Producción Hortícola. *Revista INIA*, 12, 26-29.

Goldsmith, J., Castillo, J. & Clarke-Harris, D. (2013). Gall Midges (Cecidomyiidae) *Attacking Horticultural Crops in the Caribbean Region and South America*. In J. E. Peña (ed.), *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops* (pp. 240-251). Boston: CAB International.

Gonzales, J. (2016). *Rendimiento y calidad de tomate (Solanum lycopersicum L. cv. Katya)* empleando cuatro láminas de riego bajo condiciones de Cañete. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Departamento Académico de Horticultura. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2629>.

Hernández, L. M., Guzmán, Y.C., Martínez-Arias, A., Manzano, M. R. & Selvaraj, J. J. (2015). The Bud Midge *Prodiplosis longifila*: Damage Characteristics, Potential Distribution and Presence on a New Crop Host in Colombia. *Springerplus*, 4, 205. Doi: <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0987-6>

Hernández, L. M., Manzano, M. R., Guzmán, Y. C. & Buhl, P. N. (2018). Parasitoids of *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) and other Cecidomyiidae species in Colombia. *Acta Agronómica*, 67(1), 184-191. Doi: <https://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n1.62712>

Instituto Nacional de Estadística y Censos –INEC-. (2016). *Compendio estadístico 2016*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Biblioteca/Compendio/Compendio-2016/Compendio%202016%20DIGITAL.pdf>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias –INIAP- (2003). *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) principal plaga del tomate en Ecuador. Estación Experimental Portoviejo. Proyecto IG CV 028. Ecuador: INIAP.

Jensen, M. E., Burman, R. D. & Allen, R. G. (1990). Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. In *Manuals and Reports on Engineering Practice* (p. 70). New York: Committee on Irrigation Water Requirements of the Irrigation and Drainage Division of the American Society of Civil Engineers, ASCE.

Lindao, V. A., Jave, J. L., Retuerto, M. G., Erazo, N. S. & Echeverría, M. M. (2017). Impacto en los niveles de colinesterasa en agricultores de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la localidad de San Luis, Chimborazo por efecto del uso de insecticidas organofosforados y carbamatos. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 20(40), 114-119.

Mena, Y. M., Mesa, N. C., Estrada, E. I. & García, Y. (2014). Evaluación de la resistencia a *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en genotipos de tomate cultivados y silvestres. *Acta Agronómica*, 63(2), 175-180. Doi: <https://dx.doi.org/10.15446/acag.v63n2.30210>

Seminis (2018). *Registered Trademark of Bayer Group*. ©2004-2018. Bayer Group. Recuperado de seminis-andina.com/productos/miramar/368.

Valencia, K. & Proaño, J. (2005). Programación del riego para el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) mediante la tina de evaporación y tres tensiones de humedad del suelo en la zona de Milagro, Provincia del Guayas. *En X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/10.-Programacion-del-Riego.pdf>

Valarezo, O., Cañarte, E., Arias, M., Proaño, J., Navarrete, B., Garzón, A., Jines, A., Cuadros, A., Porro, M., Linzán, L. & Chávez, J. (2003). *Diagnóstico, bioecología y manejo sostenible de la negrita Prodiplosis longifila en el Ecuador*. Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP.

Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, B., Guerrero, J. M. & Arias, B. (2008). Diagnóstico de la "mosca blanca" en Ecuador. *La Granja (Ecuador)*, 7(1), 13-20.

Como citar: Sabando, A., Ugando, M., Chavarría, J., Tarazona, N., Sabando, L. (2020) Láminas de riego por goteo en la incidencia de *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en el tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Ciencia y Agricultura*. 17(2): 38-47. DOI: 10.19053/01228420.v17.n2.2020.11063