

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Efecto de la temperatura y la precipitación pluvial en la dinámica poblacional de *Frankliniella occidentalis* y sus enemigos naturales en Limón mexicano

Effect of temperature and rainfall on the population dynamics of *Frankliniella occidentalis* and its natural enemies in Mexican lemon

Authors/Autores: Pardo-Melgarejo, S., González-Cabrera, J., Morales-Hernández, F., Miranda-Salcedo, M. A., Álvarez-Hernández, J. C., Mondragón-Flores, A.

ID: e1733

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1773>

Received/Fecha de recepción: October 02th 2024

Accepted /Fecha de aceptación: February 10th 2025

Available online/Fecha de publicación: April 11th 2025

Please cite this article as/Como citar este artículo: Pardo-Melgarejo, S., González-Cabrera, J., Morales-Hernández, F., Miranda-Salcedo, M. A., Álvarez-Hernández, J. C., Mondragón-Flores, A. (2025). Effect of temperature and rainfall on the population dynamics of *Frankliniella occidentalis* and its natural enemies in Mexican lemon. *Revista Bio Ciencias*, 12, e1733. <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1733>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Artículo original

Efecto de la temperatura y la precipitación pluvial en la dinámica poblacional de *Frankliniella occidentalis* y sus enemigos naturales en Limón mexicano

Effect of temperature and rainfall on the population dynamics of *Frankliniella occidentalis* and its natural enemies in Mexican lemon

Trips y enemigos naturales/
Thrips and natural enemies

Pardo-Melgarejo, S.¹  0000-0003-0138-1995, González-Cabrera, J.²  0000-0002-8169-0271, Morales-Hernández, F.³  0009-0004-8476-2797, Miranda-Salcedo, M. A.¹  0000-0001-5096-4391, Álvarez-Hernández, J. C.¹  0000-0002-1265-0890, Mondragón-Flores, A.¹  0009-0007-8633-2629

¹Adscripción: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, CIRPAC-Campo Experimental Valle de Apatzingán, Km. 17.5, Carr. Apatzingán-Cuatro Cam. Antúnez, Michoacán, México

²Adscripción: Departamento de Control Biológico (=CNRCB), CNRF-SENASICA. Km. 1.5, Carr. Tecomán-Estación FFCC. Tecomán, Colima, México.

³Adscripción: GIFT AGRO (Dragón), Carretera México Toluca km 52.5, Parque Industrial Lerma, Lerma de Villada, Estado de México, México.

*Corresponding author:

Saúl Pardo-Melgarejo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, CIRPAC-Campo Experimental Valle de Apatzingán, Km. 17.5, Carr. Apatzingán-Cuatro Cam. Antúnez, Michoacán, México. Teléfono: (425) 1000525. E-mail: pardo.saul@inifap.gob.mx

RESUMEN

Frankliniella occidentalis (Pergande) es una de las plagas más importantes en el cultivo de limón mexicano en Michoacán, y su combate se basa en la utilización de insecticidas de amplio espectro. Sin embargo, hoy en día las poblaciones de trips son constantes en los huertos. Para comprender la influencia de los factores atmosféricos sobre la dinámica poblacional de la plaga en conjunto con sus enemigos naturales, se correlacionó durante cuatro años la densidad de la población de trips (Thysanoptera: Thripidae) y sus enemigos naturales con la temperatura (mínima, media y máxima) y la precipitación. Se encontró correlación positiva entre la densidad poblacional de *F. occidentalis* con la temperatura media y máxima, y una correlación positiva entre la densidad poblacional de los enemigos naturales con la precipitación y la temperatura mínima. Estos resultados

resaltan el impacto de los factores ambientales en la regulación de las poblaciones de trips y los organismos benéficos. Con base en los resultados encontrados en esta investigación, se infiere que en el futuro habrá un aumento de las poblaciones de trips y una disminución de las poblaciones de insectos benéficos en la zona citrícola del Valle de Apatzingán. Es necesario implementar un cambio en el manejo fitosanitario actual, por lo que se propone un enfoque de manejo integrado que favorezca el papel de los enemigos naturales en el control biológico de plagas.

PALABRAS CLAVE:

Limón mexicano, plaga, trips, MIP (Manejo Integrado de Plagas), control de plagas

ABSTRACT

Frankliniella occidentalis (Pergande) is one of the most important pests affecting Mexican lemon crops in Michoacán, and its control is primarily based on the use of broad-spectrum insecticides. However, currently, thrips populations have remained constant in orchards. To understand the influence of atmospheric factors on the population dynamics of the pest and its natural enemies, the density of thrips populations (Thysanoptera: Thripidae) and their natural enemies was correlated with temperatures (minimum, average, and maximum) and precipitation, over four years. A significant correlation was found between the population density of *F. occidentalis* and both the average and maximum temperatures, while a positive correlation was observed between the population density of natural enemies and both precipitation and minimum temperature. These findings highlight the impact of environmental factors on the regulation of thrips populations and beneficial organisms. Obtained data suggest that future conditions may lead to an increase in thrips populations and a decline in beneficial insect populations in the citrus-growing region of the Apatzingán Valley. Therefore, a change in the current phytosanitary management approach is necessary, and an integrated management strategy is proposed to enhance the role of natural enemies in biological pest control.

KEYWORDS:

Mexican lemon, pest, thrips, IPM (Integrated Pest Management), pest control.

Introducción

El cultivo de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) tiene relevancia económica en el estado de Michoacán, México. Con una superficie cultivada anual de 204,683 hectáreas que producen 398,552 toneladas de fruta fresca, que generan aproximadamente 70,000 empleos directos e indirectos (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2024). Estos empleos se distribuyen a lo largo de toda la cadena productiva, que abarca desde la producción y el

procesamiento, hasta el envasado y la logística para exportación, además de actividades complementarias como la asesoría técnica en el manejo fitosanitario de los cultivos.

Entre las principales amenazas para la producción de limón en Michoacán se encuentra el trips *F. occidentalis* (Pergande), una plaga de alto impacto que afecta la calidad y rendimiento del cultivo. La principal estrategia de control de los trips ha sido el uso de productos químicos de amplio espectro, como organofosforados, carbamatos y piretroides (Miranda-Salcedo *et al.*, 2019). Sin embargo, el mal uso de insecticidas causa efectos negativos para el medio ambiente y para el consumidor (Mouden *et al.*, 2017; Desneux *et al.*, 2007). Actualmente, las poblaciones de trips se encuentran presentes de manera permanente en las parcelas cítricas durante todo el año, y la percepción de los agricultores es que las densidades poblacionales ahora son más altas que hace diez años (comunicación personal, M. Miranda Salcedo, Investigador, INIFAP-Campo Experimental Valle de Apatzingán).

Una posible razón del porque las poblaciones de trips ahora son más abundantes se atribuye a los cambios en los patrones ambientales que se han estado registrando en la zona. De acuerdo con Murray-Tortarolo (2020), México, debido a su localización geográfica, es uno de los países más vulnerables frente al cambio climático y que entre los años 1951 al 2017 la temperatura media nacional se incrementó 0.71 °C, por otro lado, Sáenz-Romero *et al.*, (2009), estiman que en Michoacán la temperatura media anual se incrementará en 1.4 °C para el año 2030, en 2.2 °C para el año 2060, y en 3.4 °C para el año 2090. Esto aunado a la disminución de precipitaciones que según Sáenz-Romero *et al.* (2009), para Michoacán en el peor de los escenarios sufrirá un 14.2 % de disminución para el año 2030 impactando negativamente en la producción agrícola, la cual disminuirá entre un 5 % y un 30 % en el año 2080 según Parry *et al.* (2004). El incremento de las temperaturas ha favorecido un aumento de las poblaciones naturales de las plagas y por otro lado, ha afectado las poblaciones de insectos benéficos, mientras que la reducción de las lluvias posiblemente ha afectado negativamente a las poblaciones de los insectos benéficos (Guerrero-Carrera *et al.*, 2020; Hódar *et al.*, 2012; Platero, 2015). En relación a lo anterior, es fundamental conocer cómo influyen los factores ambientales, especialmente la temperatura y la precipitación pluvial, sobre la dinámica poblacional de *F. occidentalis* y sus enemigos naturales en la zona citrícola del Valle de Apatzingán, Michoacán, México.

Material y Métodos

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo de enero 2019 a diciembre 2022, en cinco huertos de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), huertos A (19°02'40.6" N 102°18'58.6" W), B (19°05'26" N 102°24'52.2" W), C (19°00'40.8" N 102°13'39.9" W), D (19° 01' 22.2" N 102° 16' 24.4" W) y E (19°06'15.0" N 102°12'50.5" W) ubicados en el Valle de Apatzingán, Michoacán, México, los cuales

fueron clasificados en relación con su cercanía con la estación meteorológica. Estos huertos están entre 350 y 360 masl, y abarcan un tamaño promedio de 5 hectáreas, con una distancia entre huerto de cinco a ocho kilómetros, garantizando una separación suficiente de vegetación para reducir la inmigración y emigración de insectos; asimismo, esta corta distancia de separación tuvo como objetivo homogenizar la variabilidad de las condiciones ambientales presentes en los huertos. Adicionalmente, en estos huertos se solicitó a los agricultores cooperantes que mantuvieran el manejo agronómico habitual, con la condición de que cualquier intervención fitosanitaria se aplicara de manera uniforme en toda la parcela.

El manejo agronómico de los huertos consistió principalmente en riego rodado. Durante la temporada seca, los huertos se regaban cada 15 días, mientras que en la temporada de lluvias se mantuvieron sin riego. Las principales malezas presentes en los huertos fueron zacate coquillo (*Cyperus rotundus* L.), quelite (*Amaranthus* spp.), y zacate Johnson (*Sorghum halepense* L. Pers.), entre otras. Se realizaron aplicaciones periódicas de herbicidas para el control de malezas, así como insecticidas químicos aproximadamente cada dos meses para el manejo de plagas. Adicionalmente, se emplearon insecticidas botánicos a base de nim, ajo y canela, insecticidas químicos como imidacloprid + lambda cyhalotrina (200 g de a. i. (ingrediente activo)/L + 140 g de a. i./L) (Imiland®, Agricultura Nacional, México) a dosis de 250 ml/ha, deltametrina (25 g de a. i./L) (Sidelt®, Agricultura Nacional, México) a dosis de 0.5 L/ha y tiametoxam (750 g a. i./Kg) (Actram 75 WDG®, Agricultura Nacional, México) a dosis de 180 g/100 L de agua y herbicidas como glufosinato de amonio (200 g i. a./L) (Agrofosinato Forte®, Agricultura Nacional, México) a dosis de 1.5 L/200 L de agua y glifosato (360 g a. i./L) (LAFAM®, Agricultura Nacional, México) a dosis de 2 L/200 L de agua.

Muestreo de trips y enemigos naturales

Se monitoreó al trips *Frankliniella occidentalis* y los enemigos naturales, crisópa *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) (Neuroptera: Chrysopidae), catarina *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Coccinellidae), y el fitoseido *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae), de la siguiente manera. Se realizaron muestreos de cuadrícula sistemática, con 20 puntos (20 árboles), como tamaño de muestra, se cuantificó cada 15 días las variables población de trips y población acumulada de enemigos naturales, y la unidad de muestreo fue una rama de cada árbol ubicada en la parte media, de manera que fuera observable al momento de la cuantificación de los insectos.

La colecta de trips y de los enemigos naturales se efectuó mediante el golpeteo de brotes con un palo de madera sobre una tabla azul de 40 x 20 cm. Los insectos desprendidos se recolectaron y almacenaron en frascos con alcohol al 70 % para su posterior identificación taxonómica, la cual fue basada en Soto-Rodríguez *et al.* (2017), para *F. occidentalis*, Cédola y Polack

(2011), para *A. swirskii*, González (2006), para *H. convergens*, Valencia-Luna *et al.* (2006), para *C. rufilabris*.

Datos climatológicos

Los datos de temperatura mínima, media y máxima, así como la precipitación pluvial, fueron obtenidos semanalmente de la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (19° 08'35.3" N 102° 37' 11.0" W) (Comisión Nacional del Agua, 2024).

Análisis estadísticos.

Se realizó una investigación correlacional basada en observaciones y análisis de correlación de Pearson entre las variables, densidades poblacionales de trips y densidades poblacionales acumuladas de enemigos naturales (normalizando el total de muestreos de cada población de enemigo natural a 1 y sumando las proporciones correspondientes a cada fecha de muestreo) con la temperatura mínima, media y máxima, así como con la precipitación, y se calificaron las correlaciones encontradas de acuerdo a lo propuesto por Evans (1996), como muy débiles para coeficientes de determinación <0.2 , débiles para coeficientes de determinación entre 0.20-0.39, moderadas entre 0.6 y 0.79, y muy fuertes para coeficientes de determinación >0.8 . Para los casos en donde se encontraron coeficientes de determinación fuertes y muy fuertes se procedió a realizar un análisis de regresión lineal simple. Los datos fueron transformados a $\ln x$ para cumplir con el supuesto de homogeneidad de varianzas. Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS, versión 9.4 ($p \leq 0.05$) (SAS Institute, 2013).

Resultados y Discusión

Relación de la fluctuación poblacional de la plaga y los factores ambientales

Agrupando por año, los resultados de la correlación de densidad poblacional del trips *F. occidentalis* y los cuatro parámetros ambientales medidos (temperatura mínima, media y máxima, y precipitación), en 2019, solo en el caso trips y temperatura máxima se encontró una correlación estadísticamente significativa, pero la correlación fue moderada ($P > F = 0.01$, $r = 0.68$, $R^2 = 0.47$) (Tabla 1) (Figura 1).

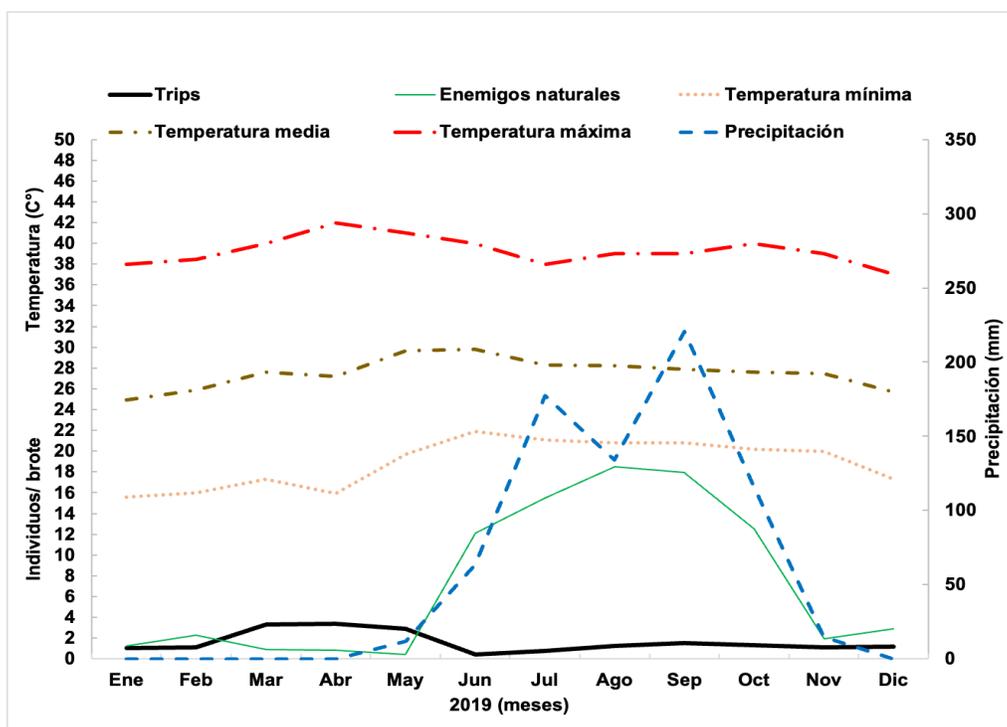


Figura 1. Fluctuación poblacional de *Frankliniella occidentalis* y enemigos naturales contra los factores atmosféricos (temperatura mínima, temperatura media, temperatura máxima y precipitación pluvial) en 2019 en el Valle de Apatzingán.

En 2020, solo en dos casos se encontró una correlación estadísticamente significativa, entre trips y temperatura media con una correlación positiva débil ($P > F = 0.04$, $r = 0.59$, $R^2 = 0.35$) y entre trips y temperatura máxima con una correlación positiva moderada ($P > F = 0.01$, $r = 0.7$, $R^2 = 0.49$) (Tabla 1) (Figura 2).

En 2021, se presentó la misma situación que en el año anterior para la relación entre trips y temperatura media con una correlación fuerte ($P > F = 0.0002$, $r = 0.87$, $R^2 = 0.72$) (Tabla 1) (Figura 3) con la ecuación de regresión $Y = -17.78 + 0.69X$ (Tabla 2) y también se encontró una correlación fuerte entre trips y temperatura máxima ($P > F = 0.0009$, $r = 0.82$, $R^2 = 0.68$) (Tabla 1) (Figura 3) con la ecuación de regresión $Y = -17.78 + 0.69X$ (Tabla 2).

Tabla 1. Resultados del análisis de correlación lineal Pearson entre la densidad poblacional de *Frankliniella occidentalis* con la temperatura mínima, media y máxima, así como con la precipitación, durante 2019-2022, en el Valle de Apatzingán, municipio de Parácuaro, Michoacán, México.

Año	Correlación	gl	r	R ²	F	P>F
2019	Trips y Temperatura mínima	1	-0.41	0.17	2.07	0.18
	Trips y Temperatura media	1	0.14	0.0098	0.10	0.75
	Trips y Temperatura máxima	1	0.68	0.47	9.02	0.01
	Trips y precipitación	1	-0.36	0.13	1.58	0.23
	Trips y Temperatura mínima	1	-0.07	0.005	0.05	0.82
2020	Trips y Temperatura media	1	0.59	0.35	5.38	0.04
	Trips y Temperatura máxima	1	0.70	0.49	9.75	0.01
	Trips y precipitación	1	-0.04	0.19	2.42	0.15
	Trips y Temperatura mínima	1	0.29	0.08	0.96	0.34
	Trips y Temperatura media	1	0.87	0.72	32.42	0.0002*
2021	Trips y Temperatura máxima	1	0.82	0.68	22	0.0009*
	Trips y precipitación	1	-0.21	0.04	0.47	0.50
	Trips y Temperatura mínima	1	-0.04	0.0017	0.02	0.89
	Trips y Temperatura media	1	0.54	0.30	4.31	0.06
	Trips y Temperatura máxima	1	0.90	0.82	45.60	<.0001*
2022	Trips y precipitación	1	-0.07	0.0052	0.05	0.82

* Las variables con una correlación fuerte o muy fuerte ($R^2 > 0,6$) se sometieron a un análisis de regresión lineal simple.

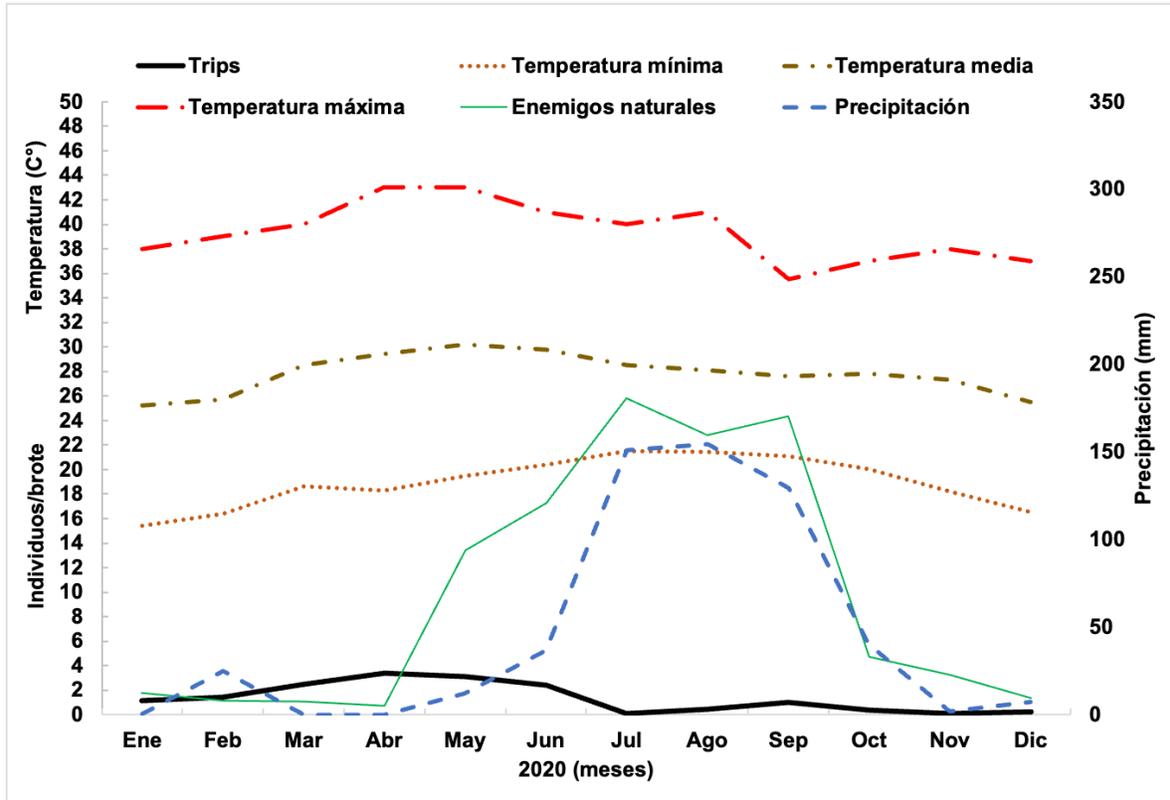


Figura 2. Fluctuación poblacional de *Frankliniella occidentalis* y enemigos naturales contra los factores atmosféricos (temperatura mínima, temperatura media, temperatura máxima y precipitación pluvial) en 2020 en el Valle de Apatzingán.

Tabla 2. Ecuaciones de regresión lineal simple de la densidad poblacional de trips en relación a la temperatura.

Año	Relación		Ecuación lineal $Y = \beta_1 + \beta_0 X$			
	Variable dependiente	Variable independiente	β_1	Error estandar	β_0	Error estandar
2021	Trips	Temperatura baja	-8.84	2.12	0.25	0.05
2021	Trips	Temperatura media	-17.78	3.31	0.69	0.12
2022	Trips	Temperatura alta	-22.46	3.47	0.61	0.09

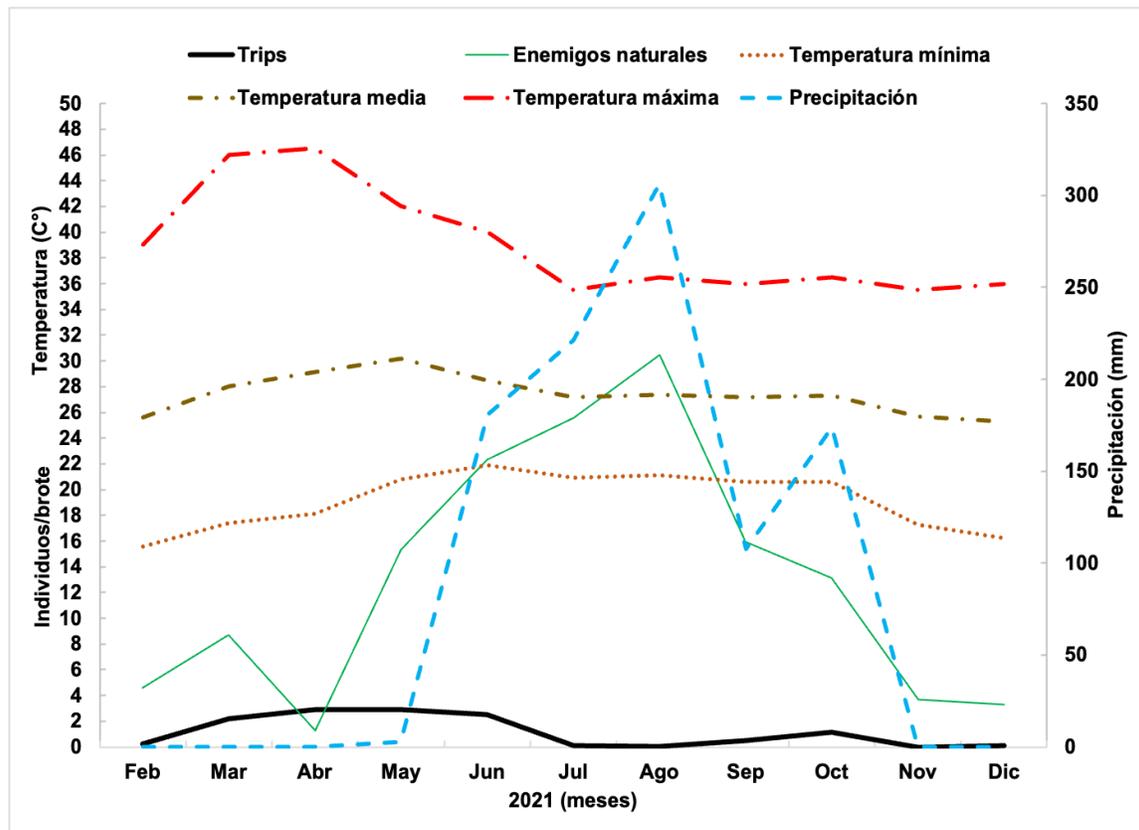


Figura 3. Fluctuación poblacional de *Frankliniella occidentalis* y enemigos naturales contra los factores atmosféricos (temperatura mínima, temperatura media, temperatura máxima y precipitación pluvial) en 2021 en el Valle de Apatzingán.

En 2022, solo se presentó una correlación estadísticamente significativa entre trips y Temperatura máxima, la cual fue positiva y muy fuerte ($P > F = 0.0001$, $r = 0.9$, $R^2 = 0.82$) (Tabla 1) (Figura 4) con la ecuación de regresión lineal $Y = -22.46 + 0.61X$ (Tabla 2).

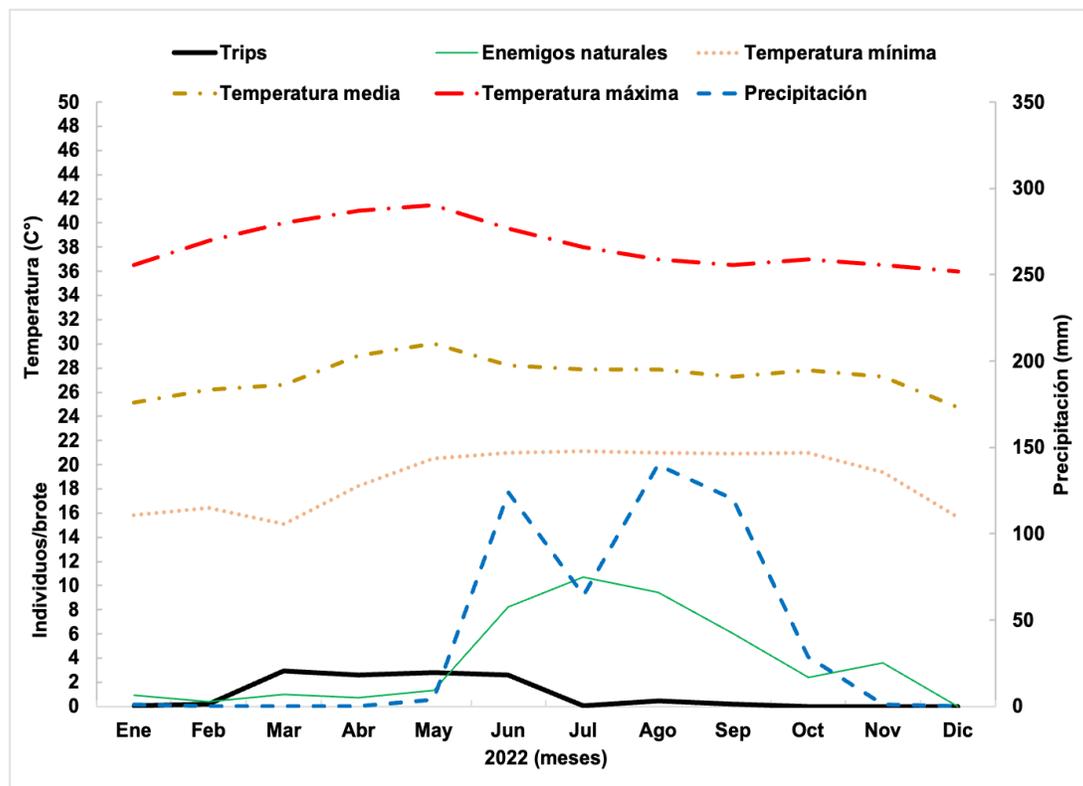


Figura 4. Fluctuación poblacional de *Frankliniella occidentalis* y enemigos naturales contra los factores atmosféricos (temperatura mínima, temperatura media, temperatura máxima y precipitación pluvial) en 2022 en el Valle de Apatzingán.

Haciendo un resumen de la información contenida en el párrafo anterior, la densidad poblacional de trips se correlacionó con la temperatura media y máxima, pero no con la temperatura mínima ni con la precipitación. La temperatura es un factor crítico que influye en las tasas de reproducción y desarrollo de los trips (Gao *et al.*, 2022). En específico, se espera que a mayor temperatura se acelere el ciclo de vida de *F. occidentalis*, y se presenten más generaciones por año, así como también se espera un aumento de las densidades de su población (Contreras, 1998; Chingal *et al.*, 2016), y se registren daños más severos, alcanzando hasta un 94 % de daño en los frutos (Murillo-Hernández *et al.*, 2022). Por otro lado, Hardwick-Jones *et al.*, (2010), mencionan que la precipitación pluvial está correlacionada con la humedad relativa, en consecuencia, este hecho también puede afectar la tasa de sobrevivencia de los trips (Mound, 1997; Mound & Teulon, 1995), pero solo en situaciones donde la humedad es muy baja. Una humedad baja puede provocar desecación y mayores tasas de mortalidad (Mound, 1997; Mound & Teulon, 1995). Sin embargo, este estudio se llevó a cabo en huertos citrícolas con riego constante, y posiblemente en ningún

momento se presentaron condiciones de baja humedad que pudieran haber afectado la abundancia de la población de trips.

Relación de la fluctuación poblacional de los enemigos naturales y los factores ambientales

Respecto al comportamiento de la correlación grupal anual (2019-2021) de los enemigos naturales con los cuatro parámetros ambientales tomados en cuenta (temperatura mínima, media y máxima, y precipitación pluvial). En 2019 se encontró al conjunto de los enemigos naturales correlacionado con la temperatura mínima ($P > F = 0.004$, $r = 0.75$, $R^2 = 0.56$), mientras que también se encontró una correlación fuerte entre los enemigos naturales y la precipitación pluvial ($P > F = 0.001$, $r = 0.93$, $R^2 = 0.88$) con la ecuación de regresión lineal $Y = -38.44 + 2.42X$ (Tabla 4), para el caso de la correlación de los enemigos naturales con la temperatura media y máxima no se presentó una correlación estadísticamente significativa (Tabla 3) (Figura 1).

Tabla 3. Resultados del análisis de correlación lineal de Pearson entre la población acumulada de enemigos naturales con la temperatura mínima, media y máxima, así como con la precipitación, durante 2019-2022, en el Valle de Apatzingán, municipio de Parácuaro, Michoacán, México.

Año	Correlación	gl	r	R ²	F	P > F
2019	Enemigos naturales y Temperatura baja	1	0.75	0.56	13.19	0.004*
	Enemigos naturales y Temperatura media	1	0.39	0.15	1.90	0.19
	Enemigos naturales y Temperatura alta	1	-0.18	0.03	0.34	0.57
	Enemigos naturales y Precipitación	1	0.93	0.88	73.83	<.0001*
2020	Enemigos naturales y Temperatura baja	1	0.84	0.72	25.76	0.0005*
	Enemigos naturales y Temperatura media	1	0.41	0.17	2.06	0.18
	Enemigos naturales y Temperatura alta	1	0.06	0.003	0.04	0.84
	Enemigos naturales y Precipitación	1	0.79	0.79	39.14	<.0001*
2021	Enemigos naturales y Temperatura baja	1	0.83	0.70	23.63	0.0007*
	Enemigos naturales y Temperatura media	1	0.32	0.10	1.21	0.29
	Enemigos naturales y Temperatura alta	1	-0.32	0.10	1.16	0.30
	Enemigos naturales y Precipitación	1	0.90	0.81	45.29	<.0001*
2022	Enemigos naturales y Temperatura baja	1	0.73	0.53	11.58	0.0067*
	Enemigos naturales y Temperatura media	1	0.32	0.10	1.16	0.30

Enemigos naturales y Temperatura alta	1	-0.17	0.02	0.30	0.59
Enemigos naturales y Precipitación	1	0.84	0.71	25.66	0.0005*

*Variables con correlación fuerte o muy fuerte ($R^2 > 0.6$) se sometieron a análisis de regresión lineal simple.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión lineal simple de la densidad poblacional de enemigos naturales en relación a la temperatura y precipitación pluvial.

Año	Relación		Ecuación lineal $Y = \beta_1 + \beta_0 X$			
	Variable dependiente	Variable independiente	β_1	Error estandar	β_0	Error estandar
2019	Enemigos naturales	Precipitación pluvial	-12.42	12.01	12.19	1.18
2020	Enemigos naturales	Precipitación pluvial	2.89	1.77	0.14	0.02
2020	Enemigos naturales	Temperatura mínima	-69.59	15.73	4.19	0.82
2021	Enemigos naturales	Temperatura mínima	-53.62	13.70	3.5	0.72
2021	Enemigos naturales	Precipitación pluvial	6.06	1.56	0.07	0.01
2022	Enemigos naturales	Precipitación pluvial	1.38	0.77	0.05	0.01

Respecto al año 2020, se encontró una correlación estadísticamente significativa fuerte entre los enemigos naturales y la temperatura mínima ($P > F = 0.0005$, $r = 0.84$, $R^2 = 0.71$) con la ecuación de regresión lineal $Y = -69.59 + 4.19X$ (Tabla 4), coincidiendo con la relación que se encontró entre enemigos naturales y la precipitación pluvial donde arrojó una correlación fuerte ($P > F = 0.0005$, $r = 0.84$, $R^2 = 0.72$) con la ecuación de regresión lineal $Y = 2.98 + 0.14X$ (Tabla 4) no encontrando una correlación entre los enemigos naturales y la temperatura media y máxima (Tabla 3) (Figura 2). Mientras que en el 2021 se observó una muy fuerte correlación entre los enemigos naturales y la temperatura mínima ($P > F < 0.001$, $r = 0.83$, $R^2 = 0.79$) con la ecuación de regresión lineal $Y = -53.62 + 3.5X$ (Tabla 4), también se observó correlación muy fuerte entre los enemigos naturales y la precipitación pluvial ($P > F < 0.0001$, $r = 0.9$, $R^2 = 0.81$) con la ecuación de regresión lineal $Y = 6.06 + 0.07X$ (Tabla 4), no mostrando alguna correlación entre enemigos naturales y la temperatura media y máxima (Tabla 3) (Figura 3). Finalmente, para el año 2022, se observó correlación moderada entre los enemigos naturales y la temperatura mínima ($P > F = 0.0067$, $r = 0.73$, $R^2 = 0.53$), este hecho coincide con la correlación fuerte que se observó entre los enemigos naturales y la precipitación pluvial ($P > F = 0.005$, $r = 0.84$, $R^2 = 0.71$) con la ecuación de regresión lineal $Y = 1.38 + 0.05X$ (Tabla 4), donde para 2021 no se observó relación estadística entre los enemigos naturales y la temperatura media y máxima (Tabla 3) (Figura 4).

Los resultados del párrafo anterior en conjunto indican que la densidad poblacional de los enemigos naturales se correlacionó con la precipitación y con la temperatura mínima pero no se correlacionó con la temperatura media ni máxima. Es decir, estos resultados resaltan la importancia de los factores ambientales en la regulación de las poblaciones de estos organismos benéficos. Las temperaturas mínimas son particularmente críticas porque determinan el umbral inferior para la

actividad y el desarrollo de los insectos (Régnière et al., 2012). Las temperaturas medias, por otro lado, afectan las tasas metabólicas generales y los ciclos de crecimiento de estos insectos, siendo las temperaturas moderadas generalmente propicias para mayores tasas de supervivencia y éxito reproductivo (Bale *et al.*, 2002). La falta de correlación con la temperatura máxima sugiere que el calor extremo podría ser perjudicial para estos enemigos naturales (Jalali *et al.*, 2009; Ahmad *et al.*, 2015). La correlación positiva con la precipitación indica que los enemigos naturales se benefician bajo condiciones de humedad relativa alta. En la zona citrícola del Valle de Apatzingán se registran múltiples arvenses las cuales empiezan a germinar con las primeras lluvias, y 10-20 días después ya se encuentran totalmente desarrolladas con floración. Estas plantas proporcionan recursos alimenticios (exudados, néctar y polen) y refugio para los insectos benéficos, además, su follaje ayuda a retener la humedad en el ambiente, creando un microclima favorable para la supervivencia y proliferación de estos insectos benéficos (Blanco & Leyva, 2007).

Las poblaciones de enemigos naturales se incrementan con mayor humedad del hábitat, se podrían implementar prácticas para aumentar la humedad, como el uso de acolchado o el mantenimiento de cultivos de cobertura que retengan la humedad del suelo, o fomentar el aumento de las poblaciones de insectos benéficos a través del control biológico por conservación (Blanco & Leyva, 2007; Vázquez *et al.*, 2008; José-Pablo, 2014).

Registros oficiales del gobierno Mexicano muestran que la temperatura ha ido aumentando en los últimos años, concordantemente, con una disminución de la precipitación (Figura 5, a,b), y teóricamente, debido a los efectos del cambio climático ambas tendencias continuarán durante los próximos años en México (NASA 2025; Murray-Tortarolo, 2020; Domínguez-Sarmiento & Jaramillo-Moreno, 2024). Si esto ocurre, con base en los resultados de este trabajo, aumentarán las poblaciones de trips y disminuirán las poblaciones de enemigos naturales en la zona citrícola del Valle de Apatzingán. Por lo cual, es urgente cambiar el manejo fitosanitario actual, por un MIP que fortalezca el papel de los enemigos naturales en el control de plagas. Dado que las poblaciones de trips aumentan cuando se registran temperaturas más altas, es probable que aumente la frecuencia y cantidad de medidas fitosanitarias para controlar la plaga, especialmente durante este período.

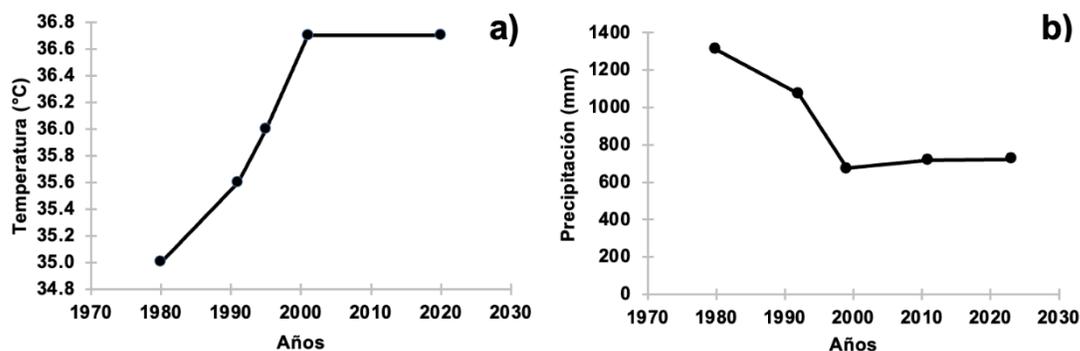


Figura 5. Temperatura máxima (a) y precipitación pluvial (b) de 1980 - 2023 en el Valle de Apatzingán, Michoacán, México.

Conclusiones

Se encontró en algunos casos correlación entre la densidad de *F. occidentalis* y la temperatura media y máxima, y no se observó una correlación con la precipitación pluvial, mientras que los enemigos naturales en conjunto se encontraron correlacionados con la temperatura mínima y media, y también con la precipitación pluvial. Estos resultados son útiles para la implementación de programas de manejo integrado de trips en la zona citrícola del Valle de Apatzingán. Se recomiendan futuras investigaciones donde se puedan recabar los datos de los factores ambientales *in situ* y poder corroborar el comportamiento de *F. occidentalis* y sus enemigos naturales con respecto a los factores climáticos.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, PMS; desarrollo de la metodología PMS; manejo de software, PMS GCJ; validación experimental PMS, GCJ, MHF, MSMA, AHJC, MFA; análisis de resultados P. MSGCJ, MHF; Manejo de datos, PMS MSMA; escritura y preparación del manuscrito, PMS, GCJ, MHF, AHJC, AHJC, MFA; redacción y revisión, PMS, GCJ, MHF; administrador de proyectos MSMA.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Agradecimientos

Se agradece a los productores cooperantes del Valle de Apatzingán por permitirnos ingresar a sus cultivos. También se agradece a la CONAGUA, México, por brindarnos los datos climatológicos para realizar este trabajo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Ahmad-Ur-Rahman Saljoqi, N. A., Khan, J., Ehsan-ul-Haq, S., Rehman, Z. H., Saeed, H. G., Nadeem, M. S., & Zada, H. (2015). The impact of temperature on biological and life table parameters of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) fed on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 18, 265-288. <https://www.entomoljournal.com/archives/2015/vol3issue2/PartE/63-402.pdf>
- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J. C., Farrar, J., Good, J. E. G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T. H., Lindroth, R. L., Press, M. C., Symrnioudis, I., Watt, A.D. & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1), 1-16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>
- Blanco, Y., & Leyva, A. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos tropicales*, 28(2), 21-28. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731003.pdf>
- Cédola, C., & Polack, A. (2011). Primer registro de *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) en Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 70(3-4), 375-378. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=322028524024>
- Chingal, J. P. C., Belalcázar, G. C., & Ortega, J. A. S. (2016). Influencia de la temperatura sobre el ciclo de vida de la especie necrofaga *Compsomyiops arequipensis* Mello, 1968 (Diptera: calliphoridae). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(28), 105. <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/119>
- Comisión Nacional del Agua. (2024). Datos climatológicos de México por Municipio. <https://smn.conagua.gob.mx/es/pronostico-del-tiempo-por-municipios>
- Contreras, J., Pedro, A., Sánchez, J. A., & Lacasa, A. (1998). Influencia de las temperaturas extremas en el desarrollo de *Frankliniella occidentalis* (Pergande)(Thysanoptera: Thripidae). *Boletín Sanidad Vegetal, Plagas*, 24, 251-266. <https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf%5Fplagas%2FBSPV%2D24%2D02%2D251%2D266.pdf>
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- Domínguez-Sarmiento, C. & A. Jaramillo-Moreno. (2024). [Boletín]. El Fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana Para Ciclones Tropicales (SIAT-CT) ante un Clima Cambiante.

- Academia Mexicana de Impacto Ambiental*. 82,11-15. <https://amia.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/Boletin-Amia-82r.pdf>
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Thomson Brooks/Cole Publishing Co.
- Gao, Y., Ding, N., Wang, D., Zhao, Y. J., Cui, J., Li, W. B., & Shi, S. S. (2022). Effect of temperature on the development and reproduction of *Thrips flavus* (Thysanoptera: Thripidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 24(3), 279-288. <https://doi.org/10.1111/afe.12491>
- González, G. (2006). Los Coccinellidae de Chile. <http://www.coccinellidae.cl>
- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J. L., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., & Chulim-Estrella, N. (2020). Impacto del cambio climático sobre la producción de café. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(71), 1-18. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3288>
- Hardwick-Jones, R., Westra, S., & Sharma, A. (2010). Observed relationships between extreme sub-daily precipitation, surface temperature, and relative humidity. *Geophysical Research Letters*, 37(22). <https://doi.org/10.1029/2010GL045081>
- Hódar, J. A., Zamora, R., & Cayuela, L. (2012). Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas*, 21(3), 73-78. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2012.21-3.09>
- Jalali, M. A., Tirry, L., & De Clercq, P. (2009). Effects of food and temperature on development, fecundity and life-table parameters of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 133(8), 615-625. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01408.x>
- José-Pablo, R. (2014). La Crisopa *Ceraeochrysa valida*: recurso local con potencial de depredación contra el psílido asiático de los cítricos [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2895>
- Miranda-Salcedo, M.A., E. Loera-Alvarado & E. Cortez-Mondaca. (2019). Interacción de trips (Thysanoptera: Thripidae) y sus enemigos naturales en limón mexicano, en Michoacán. (Memoria de congreso). Memoria XLII Congreso Nacional de Control Biológico, Veracruz, Ver. 71-75 pp. <https://drive.google.com/file/d/1pXX8OmiN-okiq4TzPd-IMGErvO6j5jA/view>
- Mouden, S., Sarmiento, K. F., Klinkhamer, P. G., & Leiss, K. A. (2017). Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. *Pest management science*, 73(5), 813-822. <https://doi.org/10.1002/ps.4531>
- Mound, L.A. (1997). Biological Diversity. In: *Thrips as Crop Pests*, edited by T. Lewis. CAB International, Wallingford, UK. 197-215.
- Mound, L.A., & Teulon D.A. (1995). Thysanoptera as phytophagous opportunists. In *Thrips biology and management*. Boston, MA: Springer US. 3-19.

- Murillo-Hernández, J. E., Illescas-Riquelme, C. P., López-Lima, D., & Manzanilla-Ramírez, M. Á. (2022). Incidencia y Daños de *Scirtothrips dorsalis* en Plantaciones de Limón Mexicano en Colima, México. *Southwestern Entomologist*, 47(1), 211-214. <https://doi.org/10.3958/059.047.0120>
- Murray-Tortarolo, G. N. (2021). Seven decades of climate change across Mexico. *Atmósfera*, 34(2), 217-226. <https://doi.org/10.20937/atm.52803>
- National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (2025). Global Temperature. En línea: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/?intent=121>
- Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M. & Fisher, G. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14 (1), 53-67. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.008>
- Platero, G. G. R. (2015). Cambio Climático y Plagas Agrícolas. (Conference Paper). Foro Nacional de Cambio Climático. Managua, Nicaragua. https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Galileo-Rivas-Platero/publication/278410790_Cambio_climatico_y_plagas_agricolas/links/55809f4f08ae607ddc322719/Cambio-climatico-y-plagas-agricolas.pdf.
- Régnière, J., Powell, J., Bentz, B., & Nealis, V. (2012). Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: Experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology*, 58(5), 634-647. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.01.010>.
- Sáenz-Romero, C., Rehfeldt, G. E., Crookston, N. L., Duval, P. & Beaulieu, J. (2009). Estimaciones de cambio climático para Michoacán: Implicaciones para el sector agropecuario y forestal y para la conservación de la Mariposa Monarca. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán, México. https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_other/rmrs_2009_saenz_romero_c001.pdf
- SAS Institute. 2013. The Complete Guide to the SAS Output Delivery System: Version 9.4 SAS Institute Inc., Cary.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2024). Avances de Siembras y Cosechas. En línea: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/.
- Soto-Rodríguez, G. A., Rodríguez-Arrieta, J. A., González Muñoz, C., Cambero-Campos, J., & Retana-Salazar, A. P. (2017). Clave para la identificación de géneros de Thrips (Insecta: Thysanoptera) comúnmente asociados a plantas ornamentales en Centroamérica. *Acta zoológica mexicana*, 33(3), 454-463. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3331146>
- Valencia-Luna, L. A., Romero-Nápoles, J., Valdez-Carrasco, J., Carrillo-Sánchez, J. L., & López-Martínez, V. (2006). Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el

estado de Morelos, México. *Acta zoológica mexicana*, 22(1), 17-61.

<https://doi.org/10.21829/azm.2006.2211959>

Vázquez, L. L., Alfonso, J., Matienzo, Y., & Veitía, M. (2008). Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. (pp. 198-198). Ed. CIDISAV.

https://www.researchgate.net/profile/Luis-Vazquez-50/publication/268981130_Conservacion_y_manejo_de_enemigos_naturales_de_insectos_fitofagos_en_los_sistemas_agricolas_de_Cuba/links/566c692208aea0892c4fc59d/Conservacion-y-manejo-de-enemigos-naturales-de-insectos-fitofagos-en-los-sistemas-agricolas-de-Cuba.pdf

ARTÍCULO EN PRENSA