



Population fluctuation of agriculturally important species of the genus *Anastrepha* in three citrus varieties in Tamaulipas

Fluctuación poblacional de las especies de importancia agrícola del género *Anastrepha* en tres variedades de cítricos en Tamaulipas

Jesús Armando Vargas-Tovar^{1*}; Carolina Delgado-Luna²; Vidal Zavala-Zapata³; Ausencio Azuara-Domínguez¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Victoria. Blvr. Emilio Portes Gil, núm. 1301, Ciudad Victoria, Tamaulipas, C. P. 87010, MÉXICO.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa km 61 s/n, Río Bravo, Tamaulipas, C. P. 88900, MÉXICO.

³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro, núm. 1923, Saltillo, Coahuila, C. P. 25315, MÉXICO.

*Corresponding author: armandobiol@gmail.com

Abstract

In Tamaulipas, citrus production faces a phytosanitary risk due to the presence of *Anastrepha ludens* (Loew, 1873), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann, 1830), and *Anastrepha striata* (Schiner, 1868), since the females of these species oviposit inside the fruit, and the larval instars feed on them. However, the population fluctuation of these four species in the citrus-growing region of Tamaulipas remains unknown. The objective of this study was to determine the population fluctuation of *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina*, and *A. striata* in Early orange (*Citrus sinensis* var. Navelina), Valencia orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) and Red grapefruit (*Citrus paradisi* Macfad var. Red Blush) cultivars in the municipalities of Güémez, Llera de Canales, Padilla and Victoria, Tamaulipas. To accomplish this, Multilure traps baited with hydrolyzed protein were deployed for 52 weeks, and the number of captured adults was recorded to calculate the FTD (Flies/Trap/Day) index. The data were then analyzed using analysis of variance and the Kruskal-Wallis test to assess differences among crops. The results showed that the average capture rates of *A. ludens*, *A. serpentina* and *A. striata* were similar in three citrus varieties, while the abundance of *A. obliqua* was significantly different in Valencia orange crop. Additionally, *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* were recorded from January to August, whereas *A. ludens* was present from January to December, with peak abundance in March, May and October.

Keywords: *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina*, *A. striata*, behavior.

Resumen

En Tamaulipas, la producción de cítricos enfrenta un riesgo fitosanitario por la presencia de *Anastrepha ludens* (Loew, 1873), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann, 1830) y *Anastrepha striata* (Schiner, 1868), ya que las hembras de estas especies ovipositan dentro de los frutos y los instares larvales se alimentan de estos. Sin embargo, la fluctuación poblacional de estas cuatro especies en la zona citrícola de Tamaulipas aún se desconoce. El objetivo del estudio fue determinar la fluctuación poblacional de *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en los cultivos de naranja Temprana (*Citrus sinensis* var. Navelina), naranja Valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) y toronja Roja (*Citrus paradisi* Macfad var. Red blush) presentes en los municipios de Güémez, Llera de Canales, Padilla y Victoria, Tamaulipas. Para ello, se utilizaron trampas Multilure con proteína hidrolizada durante 52 semanas y se registró el número de adultos capturados para calcular el índice MTD (Mosca/Trampa/Día). Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de Kruskal-Wallis para determinar diferencias entre cultivos. Los resultados mostraron que la captura promedio de *A. ludens*, *A. serpentina* y *A. striata* fue similar en las tres variedades de cítricos, mientras que la abundancia de *A. obliqua* fue significativamente diferente en el cultivo de naranja Valencia. Además, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* se registraron de enero a agosto, en tanto que *A. ludens* se registró de enero a diciembre, y presentó mayor abundancia en marzo, mayo y octubre.

Palabras clave:

A. ludens, *A. obliqua*, *A. serpentina*, *A. striata*, comportamiento.

Please cite this article as follows (APA 7): Vargas-Tovar, J. A., Delgado-Luna, C., Zavala-Zapata, V., & Azuara-Domínguez, A. (2025). Population fluctuation of agriculturally important species of the genus *Anastrepha* in three citrus varieties in Tamaulipas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 31, e24009. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2024.09.009>



Revista Chapingo
Serie Horticultura

Introduction

In Tamaulipas, Mexico, citrus production (*Citrus* spp.; Sapindales: Rutaceae) covers 46 056 ha, producing 986 505 t with an economic value of 5 251 million pesos (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas [CESAVETAM], 2024). However, this activity is constrained by the damage caused by fruit flies (*Anastrepha* spp.; Diptera: Tephritidae), as females lay their eggs inside the fruit, and the larval instars feed on the pulp (Papadopoulos et al., 2024). In the absence of control strategies, losses are estimated to reach 763 527 t (Salcedo-Baca et al., 2010), representing 77 % of the current production and an economic impact of 4 043 million pesos. In orchards, this scenario would lead to a reduction in labor availability, increased insecticide application, higher production costs and adverse environmental effects (Salcedo-Baca et al., 2010).

According to the literature, there are around 4 000 species of the genus *Anastrepha* (Saldaña-Reyes et al., 2019), of which 10 are found in Tamaulipas, and four of these are considered of agricultural importance: *Anastrepha ludens* (Loew, 1873), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann, 1830) and *Anastrepha striata* (Schiner, 1868) (Vanoye-Eligio et al., 2014). These species are polyphagous, meaning their feeding is not restricted to a single host (Hernández-Ortiz, 2007). In the case of Valencia orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) crops, it has been reported that *A. ludens* and *A. obliqua* show similar behavior, while *A. serpentina* and *A. striata* are less frequently observed (Tucuch-Cauich et al., 2008).

In the citrus-growing region of Tamaulipas, the relationship between *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* with the crop variety has not been clearly established. In 2015, population fluctuations of *A. ludens* were reported based on the production season and climatic conditions (Vanoye-Eligio et al., 2015), excluding *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata*. Understanding the population fluctuation patterns of each species is crucial for the design of phytosanitary strategies. This is particularly important as the National Campaign Against Fruit Flies aims to control, suppress and eradicate these four agriculturally significant species (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2022). Therefore, the objective of the present study was to determine the population fluctuation of *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* in three citrus varieties in Tamaulipas, Mexico.

Introducción

En Tamaulipas, México, la producción de cítricos (*Citrus* spp.; Sapindales: Rutaceae) abarca 46 056 ha, con una producción de 986 505 t y un valor económico de 5 251 millones de pesos (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas [CESAVETAM], 2024). Sin embargo, esta actividad se ve limitada por el daño que causan las moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.; Diptera: Tephritidae), ya que las hembras ovipositan dentro de los frutos y los instares larvales se alimentan de la pulpa (Papadopoulos et al., 2024). En ausencia de estrategias de control, se estima que las pérdidas podrían alcanzar 763 527 t (Salcedo-Baca et al., 2010), lo que representa el 77 % de la producción actual, con un impacto económico de 4 043 millones de pesos. En las huertas, este escenario implicaría una reducción de jornales, un aumento en la aplicación de insecticidas, un incremento en los costos y un impacto ambiental adverso (Salcedo-Baca et al., 2010).

De acuerdo con la literatura, existen aproximadamente 4 000 especies del género *Anastrepha* (Saldaña-Reyes et al., 2019), de las cuales 10 se encuentran en Tamaulipas y cuatro de estas son consideradas de importancia agrícola: *Anastrepha ludens* (Loew, 1873), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann, 1830) y *Anastrepha striata* (Schiner, 1868) (Vanoye-Eligio et al., 2014). Estas especies son polífagas, lo cual indica que su alimentación no se restringe a un solo hospedero (Hernández-Ortiz, 2007). En el caso de los cultivos de naranja Valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck), se ha reportado que *A. ludens* y *A. obliqua* presentan un comportamiento similar, mientras que *A. serpentina* y *A. striata* aparecen con menor frecuencia (Tucuch-Cauich et al., 2008).

En la región cítrica de Tamaulipas, la relación entre *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* con la variedad del cultivo no se ha establecido claramente. En 2015, se reportó la fluctuación poblacional de *A. ludens* en función de la temporada de producción y las condiciones climáticas (Vanoye-Eligio et al., 2015), sin considerar a *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata*. Comprender los patrones de fluctuación poblacional de cada especie es crucial para el diseño de estrategias fitosanitarias. Lo anterior en función de que la Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta tiene el objetivo de controlar, suprimir y erradicar estas cuatro especies de importancia agrícola (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2022). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la fluctuación poblacional de *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en tres variedades de cítricos de Tamaulipas, México.

Materials and methods

Study area

The study was conducted from January to December 2023 in Early orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. Navelina), Valencia orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) and Red grapefruit (*Citrus paradisi* Macfad var. Red Blush) crops, located in the central part of the citrus-growing region of Tamaulipas, Mexico (Table 1).

Trapping and identification of adult flies

Adults of *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* were captured using Multilure traps baited with three pellets of hydrolyzed protein and 250 mL of water to attract insects (SENASICA, 2017). A total of 120 traps were deployed in the study area, with 30 traps per municipality and 10 per crop (Table 1). The traps were inspected and rebaited weekly for one year. Captured adults were placed in containers with 70 % alcohol and taken to the CESAVETAM laboratory for identification. The flies were placed in a Petri dish with 70 % alcohol and manipulated with fine-tipped straight tweezers for observation under a binocular stereoscopic microscope (DZ.1805, Euromex®). Identified specimens were sorted by species into separate Petri dishes. The identification was conducted by CESAVETAM technical staff using taxonomic keys published in the *Guía de Identificación de Moscas de la Fruta* (NOM-023-FITO-1995) (SENASICA, 2018).

Statistical analysis

Captures of *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* from the three citrus varieties were subjected to a normality analysis using the Kolmogorov-Smirnov test. Then, the data were grouped by ranks and analyzed using analysis of variance and Tukey's mean comparison test (Henson, 2015) to assess differences. Additionally, the non-parametric Kruskal-Wallis test and a multiple rank mean comparison analysis were

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó de enero a diciembre de 2023 en los cultivos de naranja Temprana (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. Navelina), naranja Valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y toronja Roja (*Citrus paradisi* Macfad var. Red blush), ubicados en la parte central de la zona citrícola de Tamaulipas, México (Cuadro 1).

Trampeo e identificación de las moscas adultas

La captura de adultos de *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* se realizó mediante trampas Multilure cebadas con tres *pellets* de proteína hidrolizada y 250 mL de agua, con el propósito de atraer a los insectos (SENASICA, 2017). En el área de estudio se instalaron 120 trampas, 30 por municipio, 10 por cada cultivo (Cuadro 1). Las trampas se revisaron y recibieron cada 7 d por un año. Los adultos capturados se colocaron en frascos con alcohol al 70 % y se llevaron al laboratorio del CESAVETAM para su identificación. Las moscas se colocaron en una placa Petri con alcohol al 70 % y se manipularon con pinzas rectas de punta fina para su observación en un microscopio estereoscópico binocular (DZ.1805, Euromex®). Los ejemplares determinados se separaron por especie en placas de Petri. La identificación la realizó el personal técnico del CESAVETAM con base en las claves taxonómicas publicadas en la *Guía de Identificación de Moscas de la Fruta* (NOM-023-FITO-1995) (SENASICA, 2018).

Análisis estadístico

Las capturas de *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata*, en las tres variedades de cítricos, se sometieron a un análisis de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Después, los datos se agruparon por rangos y se sometieron a un análisis de varianza y una comparación de medias de Tukey (Henson, 2015)

Table 1. Characteristics of the municipalities of Tamaulipas, Mexico, where the study was conducted.

Cuadro 1. Características de los municipios de Tamaulipas, México, donde se realizó el estudio.

| Municipality/ Municipio | Geographic coordinates/ Coordenadas geográficas | | Temperature (°C) / Temperatura (°C) | Precipitation (mm) / Precipitación (mm) | Number of traps / Número de trampas |
|----------------------------|--|-----------------------------|--|--|--|
| | N latitude / Latitud N | W longitude / Longitud O | | | |
| Güémez | 22° 55' 09" | 99° 00' 30" | 12 – 26 | 600 – 1000 | 30 |
| Llera de Canales | 23° 19' 08" | 99° 01' 25" | 14 – 26 | 600 – 1200 | 30 |
| Padilla | 24° 02' 56" | 98° 54' 01" | 22 – 26 | 600 – 800 | 30 |
| Victoria | 23° 43' 52" | 99° 09' 05" | 16 – 24 | 400 – 1100 | 30 |

Source: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010).

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010).

performed (Conover, 1999; Kruskal & Wallis, 1952). All tests were conducted with a significance level of 0.05 using Minitab 19.

The number of adults captured weekly per trap for each species in three citrus varieties was converted into the FTD index (NOM-023-FITO-1995). This index reflects the weekly phytosanitary conditions at the orchard or regional level and is expressed to four decimal places, where a value of 0.000 indicates the absence of populations (SENASICA, 2017; Vanoye-Eligio et al., 2015). The FTD index was estimated using the following formula:

$$FTD\ index = \frac{F}{T \times D}$$

where F represents the total number of flies/species captured per week, T is the total number of traps (120), and D is the number of days the trap was exposed in the field (7).

Results and discussion

The results of the Kolmogorov-Smirnov test indicated that the abundance of *A. ludens* follows a normal distribution, whereas *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* did not meet this assumption. The analysis of variance and mean comparison revealed that the abundance of *A. ludens* was similar in three citrus varieties (Table 2). In contrast, the non-parametric Kruskal-Wallis test and multiple rank mean comparison showed significant differences in the abundance of *A. obliqua* in the Valencia orange crop (Table 3).

Tucuch-Cauich et al. (2008) found that the abundance of *A. obliqua* in citrus orchards is higher than expected, which could explain why its mean was different from that of *A. serpentina* and *A. striata*. Nolasco and Iannacone (2008) note that the latter two species are less predominant due to their specificity for certain crops. Furthermore, Hernández-Ortiz and Aluja (1993) and Hernández-Ortiz (2007) mention that although

para estimar diferencias. Además, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y un análisis de comparación múltiple de promedio de rangos (Conover, 1999; Kruskal & Wallis, 1952). Todas las pruebas se realizaron con un nivel de significancia de 0.05 en el programa Minitab 19.

El número de adultos capturados semanalmente de cada especie por trampa en las tres variedades de cítricos se transformó en el índice MTD (NOM-023-FITO-1995). Este índice indica las condiciones fitosanitarias semanales a nivel de huerto o región y se expresa en cuatro decimales, donde 0.000 revela la ausencia de poblaciones (SENASICA, 2017; Vanoye-Eligio et al., 2015). El índice MTD se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice MTD} = \frac{M}{T \times D}$$

donde M es el número total de moscas/especie capturadas por semana, T es el número de trampas totales (120) y D es el número de días de exposición de la trampa en campo (7).

Resultados y discusión

Los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov indicaron que la abundancia de *A. ludens* sigue una distribución de tipo normal, mientras que *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* no cumplieron con este supuesto. El análisis de varianza y la comparación de medias revelaron que la abundancia de *A. ludens* fue similar en las tres variedades de cítricos (Cuadro 2). En contraste, el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis y la comparación múltiple de promedio de rangos mostraron que la abundancia de *A. obliqua* presentó diferencias significativas en el cultivo de naranja Valencia (Cuadro 3).

Tucuch-Cauich et al. (2008) encontraron que la abundancia de *A. obliqua* en las huertas de cítricos es más habitual de lo normal, lo cual explicaría por qué la

Table 2. Mean comparison of *A. ludens* abundance in three citrus varieties.

Cuadro 2. Comparación de medias de la abundancia de *A. ludens* en las tres variedades de cítricos.

| Variety / Variedad | Average number of adults/year / Número promedio de adultos/año | Annual mean \pm SE / Media anual \pm EE |
|---------------------------------------|---|--|
| Early orange / Naranja Temprana | 13.25 | 6.63 \pm 7.32 a |
| Valencia orange / Naranja Valencia | 23.00 | 10.75 \pm 4.35 a |
| Red grapefruit / Toronja Roja | 28.75 | 8.88 \pm 6.43 a |

SE = standard error. Means with equal letters are not statistically different (Tukey, $\alpha = 0.05$).

EE = error estándar. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Table 3. Mean comparison of *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* abundance in three citrus varieties.**Cuadro 3. Comparación de medias de la abundancia de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en las tres variedades de cítricos.**

| Species/ Especie | Variety/ Variedad | Mean/ Media | H-statistic/ Estadístico H | Average/ Promedio |
|----------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------|
| <i>A. obliqua</i> | Early orange/ Naranja Temprana | 3.50 a | 5.65 | 4.0 |
| | Valencia orange/ Naranja Valencia | 5.75 b | | 6.0 |
| | Red grapefruit/ Toronja Roja | 3.50 a | | 4.0 |
| <i>A. serpentina</i> | Early orange/ Naranja Temprana | 4.00 a | 3.49 | 4.6 |
| | Valencia orange/ Naranja Valencia | 7.50 a | | 7.0 |
| | Red grapefruit/ Toronja Roja | 4.00 a | | 4.6 |
| <i>A. striata</i> | Early orange/ Naranja Temprana | 6.00 a | 0.46 | 6.0 |
| | Valencia orange/ Naranja Valencia | 6.00 a | | 6.2 |
| | Red grapefruit/ Toronja Roja | 6.00 a | | 6.0 |

Means with the same letters are not statistically different (according to the multiple rank comparison test and Kruskal-Wallis test, $\alpha = 0.05$).

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente (según la prueba de comparación múltiple de rangos y de Kruskal-Wallis, $\alpha = 0.05$).

A. obliqua, *A. serpentina* and *A. striata* are considered polyphagous, their host range is relatively limited. It has been reported that *A. obliqua* prefers mango fruits, *A. serpentina* favors chicozapote and *A. striata* is more closely associated with guava fruits, which could explain their lower abundance in citrus crops compared to *A. ludens*.

Based on the information above, the presence of *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* in citrus orchards may be influenced by the proximity of their primary hosts or the use of food attractants such as hydrolyzed protein. This idea is further supported by the fact that 922.26 ha of mangoes are planted near the sampled orchards (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2023), along with chicozapote and guava trees in nearby backyards and along orchard fences. Therefore, it is advisable to plan citrus production in areas where mangoes are grown, because these crops fruit at different times of the year (Vanoye-Eligio et al., 2023). Moreover, it is important to develop an integrated management plan that includes monitoring nearby host plants, because the abundance and distribution of *Anastrepha* may be influenced by the variety of hosts in the study area (Jenkins & Goenaga, 2008).

The results of the FTD index indicated that the increase in *A. ludens* captures occurred before that of *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata*. Additionally, this index showed that the population fluctuation of the four fly

media de esta especie fue diferente a la de *A. serpentina* y *A. striata*. Nolasco y Iannacone (2008) señalan que estas dos últimas especies tienen menor predominancia debido a su especificidad por el cultivo. Aunado a esto, Hernández-Ortiz y Aluja (1993) y Hernández-Ortiz (2007) mencionan que, aunque *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* son consideradas polífagas, su rango de hospederos es relativamente limitado. Se ha reportado que *A. obliqua* prefiere frutos de mango, *A. serpentina* tiene predilección por el chicozapote y *A. striata* tiene más afinidad con los frutos de guayaba, lo cual podría explicar su menor predominancia en los cultivos de cítricos en comparación con *A. ludens*.

Con base en lo expuesto anteriormente, la detección de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en huertos de cítricos podría estar influenciada por la proximidad de sus hospederos primarios o por el uso de atrayentes alimenticios, como la proteína hidrolizada. Este argumento se fortalece al considerar que, en las inmediaciones de los cultivos muestreados, existen 922.26 ha sembradas con mango (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2023), además de árboles de chicozapote y guayaba en los traspatios y en las cercas de los huertos. Por ello, se recomienda planificar la producción de cítricos en lugares donde se cultiven mangos, ya que estos cultivos inician su período de fructificación en diferentes épocas del año (Vanoye-Eligio et al., 2023). Asimismo, es necesario desarrollar un plan de manejo integrado

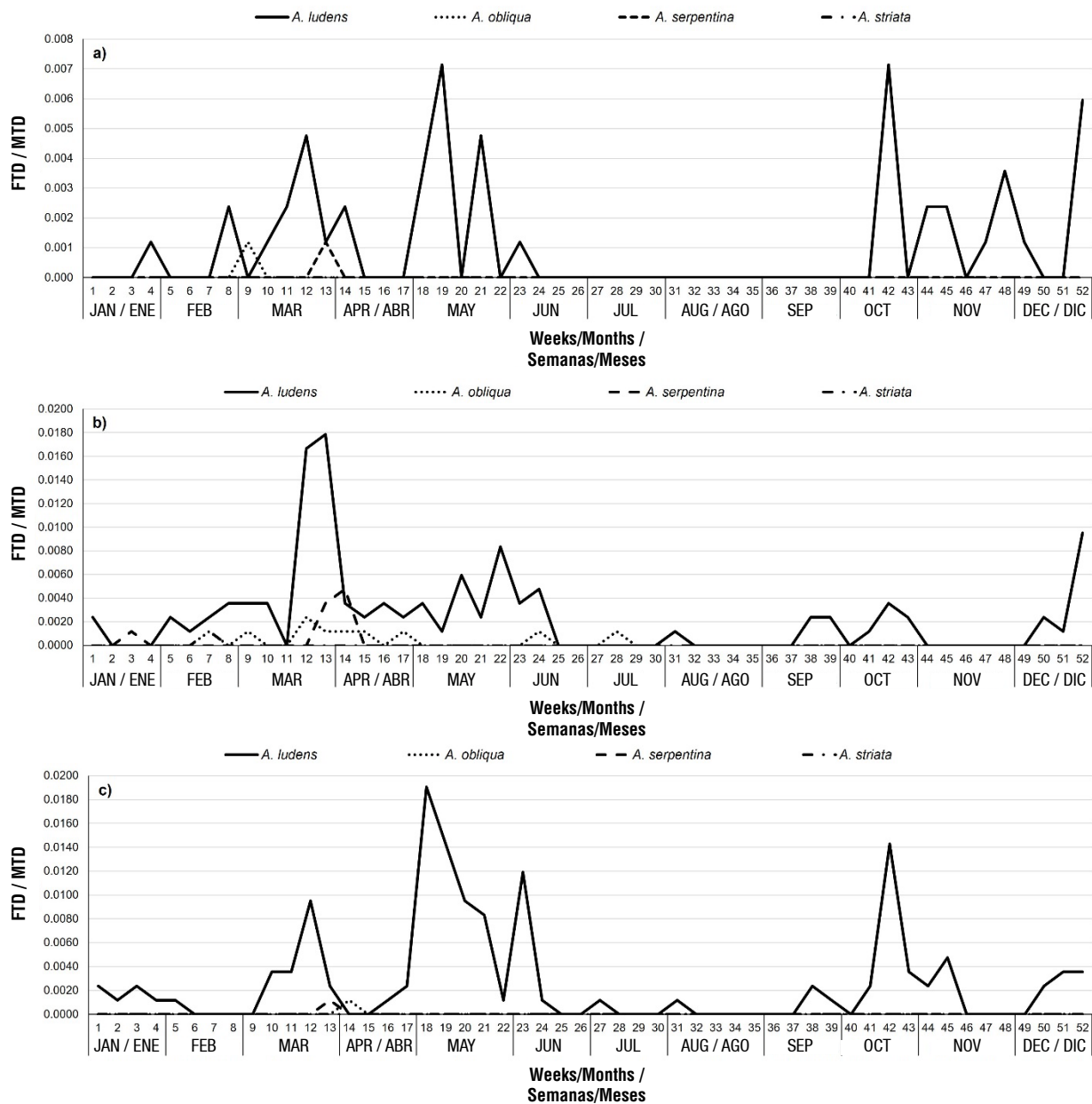


Figure 1. Population fluctuation (FTD) of *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* and *A. striata* in three citrus varieties: a) Valencia orange, b) Early orange and c) Red grapefruit.

Figura 1. Fluctuación poblacional (MTD) de *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* en tres variedades de cítricos: a) naranja Valencia, b) naranja Temprana y c) toronja Roja.

species varied in the three citrus varieties (Figure 1). The maximum FTD for *A. ludens* (0.0190) was lower than the value reported the previous year (1.3285) by Vargas-Tovar et al. (2024), possibly because during this study, the fruit's market price favored its commercialization, which reduced the availability of fruits on trees. However, in the Early orange crop, the population of *A. ludens* was recorded from January to June and from October to December, with maximum FTD values (0.0007) in May and October. Meanwhile, *A. obliqua* (FTD = 0.0001) and *A. serpentina* (FTD = 0.0001) appeared occasionally in March, and *A. striata* (FTD = 0.0000) was

que contemple el monitoreo de hospederos cercanos a las huertas, debido a que la abundancia y distribución de *Anastrepha* pueden estar influenciadas por la diversidad de hospederos en la zona de estudio (Jenkins & Goenaga, 2008).

Los resultados del índice MTD indicaron que el aumento en las capturas de *A. ludens* ocurrió antes que el de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata*. Además, este índice mostró que la fluctuación poblacional de las cuatro especies de moscas fue diferente en las tres variedades de cítricos (Figura 1). El MTD máximo para *A. ludens*

not recorded in this crop (Figure 1a).

In the case of the Valencia orange crop, *A. ludens*, *A. obliqua* and *A. serpentina* reached their maximum FTD values in March (0.0179, 0.0024 and 0.0048, respectively), while *A. striata* peaked in February (0.0012); however, the population dynamics of these species were different. *A. ludens* was present from December to October, *A. obliqua* was observed from February to April and from June to August, *A. serpentina* appeared from February to April and *A. striata* was only recorded in February (Figure 1b). In contrast, in Red grapefruit crops, *A. ludens* was present year-round, with the highest FTD value (0.0190) in May, while *A. obliqua* (FTD = 0.0012) and *A. serpentina* (FTD = 0.0012) were only occasionally recorded in April and March, respectively, and *A. striata* was absent (FTD = 0.000) (Figure 1c).

These results are consistent with those reported by Baker et al. (1944), Birke et al. (2006), Robacker and Fraser (2002), and Vanoye-Eligio et al. (2015), who state that both orange and grapefruit crops experience high infestation levels of *A. ludens*, because they are considered to be their preferred hosts. In the citrus-growing region of Tamaulipas, this species shows high population levels from December to March (the harvest season for orange and grapefruit fruits) (Vargas-Tovar et al., 2024). In contrast, in Campeche, Mexico, the highest infestations of *A. ludens* occur from June to July, while *A. obliqua* populations increase from October to November, *A. serpentina* is more abundant from April to July and *A. striata* peaks in December (Tucuch-Cauich et al., 2008). However, similar to this study, these variations depend on the fruiting season of their host plants.

A crucial factor in the population dynamics of *Anastrepha* in citrus orchards is the presence of interspersed varieties, which provide sustenance for the flies (Aluja, 1994; Vanoye-Eligio et al., 2015). According to Thomas (2003), in northwestern Mexico, the oviposition of females in grapefruit fruits from October to November leads to the emergence of adults between January and February, a period that coincides with the first detections of *Anastrepha* in Texas, USA. In this context, considering that in the citrus-growing region of Tamaulipas, the maturation period for Early orange occurs from August to February, for Valencia orange from October to May, and for Red grapefruit from September to March (Vargas-Tovar et al., 2024), it is reasonable to assume that *Anastrepha* populations are supported year-round. Additionally, Nolasco and Iannacone (2008) state that even when fruits are not in the maturation stage, the presence of fallen fruits allows *Anastrepha* to persist (Sivinski et al., 2004). This could explain the year-round presence of *A. ludens* in the grapefruit crop.

Based on the above, planning citrus production

(0.0190) fue inferior al reportado el año anterior (1.3285) por Vargas-Tovar et al. (2024), posiblemente debido a que durante la presente investigación el precio de la fruta favoreció su comercialización y esto redujo la disponibilidad de frutos en los árboles. No obstante, en el cultivo de naranja Temprana la población de *A. ludens* se registró de enero a junio y de octubre a diciembre, con valores máximos de MTD (0.0007) en mayo y octubre. Por su parte, *A. obliqua* (MTD = 0.0001) y *A. serpentina* (MTD = 0.0001) aparecieron ocasionalmente en marzo, y *A. striata* (MTD = 0.0000) no se registró en este cultivo (Figura 1a).

Por otro lado, en el cultivo de naranja Valencia *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina* registraron su valor máximo de MTD en marzo (0.0179, 0.0024 y 0.0048, respectivamente), mientras que *A. striata* lo hizo en febrero (0.0012); sin embargo, la dinámica poblacional de estas especies fue diferente. *A. ludens* se presentó de diciembre a octubre, *A. obliqua* se observó de febrero a abril y de junio a agosto, *A. serpentina* estuvo presente de febrero a abril y *A. striata* se registró únicamente en febrero (Figura 1b). En cambio, en el cultivo de toronja Roja, *A. ludens* se presentó durante todo el año, con el valor más alto de MTD (0.0190) en mayo, mientras que *A. obliqua* (MTD = 0.0012) y *A. serpentina* (MTD = 0.0012) solo se registraron ocasionalmente en abril y marzo, respectivamente, y *A. striata* estuvo ausente (MTD = 0.000) (Figura 1c).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Baker et al. (1944), Birke et al. (2006), Robacker y Fraser (2002), y Vanoye-Eligio et al. (2015), quienes afirman que el cultivo de naranja y el de toronja presentan altos niveles de infestación de *A. ludens* debido a que se consideran sus hospederos preferentes. En la zona citrícola de Tamaulipas, esta especie muestra altos índices poblacionales de diciembre a marzo (temporada de cosecha de los frutos de naranja y toronja) (Vargas-Tovar et al., 2024). En cambio, en Campeche, México, las mayores infestaciones de *A. ludens* ocurren de junio a julio, mientras que las poblaciones de *A. obliqua* aumentan de octubre a noviembre, *A. serpentina* está más presente de abril a julio y *A. striata* incrementa en diciembre (Tucuch-Cauich et al., 2008). No obstante, al igual que en este estudio, dichas variaciones dependen de la temporada de fructificación de sus hospederos.

Un factor clave en la dinámica poblacional de *Anastrepha* en huertos citrícolas es la presencia de variedades intercaladas, las cuales les proporcionan sustento (Aluja, 1994; Vanoye-Eligio et al., 2015). De acuerdo con Thomas (2003), en el noroeste de México, la oviposición de las hembras en frutos de toronja de octubre a noviembre da lugar a la emergencia de adultos en el período de enero a febrero, período que coincide con las primeras detecciones de *Anastrepha* en Texas, Estados Unidos. En este sentido, si se considera que en la zona citrícola

becomes a key management strategy. Martínez-Jiménez et al. (2020) propose standardizing and redistributing production, meaning reducing output in March (the month with the highest production) and increasing it in January, February and April (months with lower production). This strategy could be applied to both citrus and mango crops through pruning and the use of gibberellic acid and 2-chloroethylphosphonic acid to delay and advance production, respectively (Padrón-Chávez & Rocha-Peña, 2007; Soto-Ortíz et al., 1994). For citrus, implementing this strategy is estimated to increase profits for producers by 32 million pesos (Martínez-Jiménez et al., 2020). This means that if adopted, there would be annual production increases and a reduction in pesticide use. This sets the stage for developing new integrated management strategies against fruit flies.

Conclusions

Variations in fruit fly population fluctuations make it difficult to establish recommendations for integrated management. However, adequate control from January to August is essential in all three citrus varieties. Integrated management in Red grapefruit crops may be more relevant than in Early orange and Valencia orange crops, as it has a higher efficiency potential and lower cost compared to the latter two crops.

Acknowledgments

To the *Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas* (CESAVETAM) for providing the trapping database for the study area, and the *Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías* (CONAHACYT) for the scholarship awarded to Jesús Armando Vargas Tovar to pursue a PhD in Biology at the *Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria* (TecNM-ITCV). Finally, the authors thank the reviewers for their comments, which helped improve this manuscript.

End of English version

References / Referencias

- Aluja, M. (1994). Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annual Review of Entomology*, 39, 155-178. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.39.010194.001103>
- Baker, A. C., Stone, W. E., Plummer, C. C., & McPhail, M. (1944). *A review of studies on the Mexican fruit fly and related Mexican species*. U.S. Department of Agriculture. <https://books.google.com.mx/books?id=FScuAAAAYAAJ&printsec=frontcover>
- Birke, A., Aluja, M., Greany, P., Bigurra, E., Pérez-Staples, D., & McDonald, R. (2006). Long aculeus and behavior of *Anastrepha ludens* render gibberellic acid ineffective as
- de Tamaulipas la etapa de maduración de la naranja Temprana ocurre de agosto a febrero, la de la naranja Valencia se presenta de octubre a mayo, y la de la toronja se da de septiembre a marzo (Vargas-Tovar et al., 2024), es razonable suponer que las poblaciones de *Anastrepha* cuentan con sustento todo el año. Adicionalmente, Nolasco y Iannacone (2008) afirman que, aun cuando los frutos no se encuentran en la etapa de maduración, la presencia de frutos caídos permite la permanencia de *Anastrepha* (Sivinski et al., 2004). Esto podría explicar la presencia de *A. ludens* durante todo el año en el cultivo de toronja.
- Considerando lo anterior, la planificación de la producción de cítricos cobra relevancia como estrategia de manejo. Martínez-Jiménez et al. (2020) sugieren uniformizar y redistribuir la producción; es decir, disminuir el volumen en marzo (mes que presenta la mayor producción) y aumentarlo en enero, febrero y abril (meses con menor producción). Esta estrategia podría ser utilizada tanto en cultivos de cítricos como de mangos mediante podas y la aplicación de ácido giberélico y ácido 2-cloroetil fosfónico, para retrasar y adelantar la producción, respectivamente (Padrón-Chávez & Rocha-Peña, 2007; Soto-Ortíz et al., 1994). En cítricos, se estima que la implementación de esta estrategia incrementaría la ganancia para los productores en 32 millones de pesos (Martínez-Jiménez et al., 2020); es decir, de establecer la propuesta, se tendrían aumentos anuales en la producción y se reduciría la aplicación de insecticidas. Lo anterior constituye un antecedente para definir nuevas estrategias de manejo integrado en contra de la mosca de la fruta.
- Las variaciones en la fluctuación poblacional de las moscas de la fruta dificultan establecer recomendaciones para su manejo integrado. Sin embargo, un control adecuado de enero a agosto es esencial en las tres variedades de cítricos. En particular, el manejo integrado en el cultivo de toronja Roja puede ser más relevante que en los cultivos de naranja Temprana y naranja Valencia, ya que tiene un mayor potencial de eficiencia y menor costo que en los últimos dos cultivos.

Conclusiones

Agradecimientos

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas (CESAVETAM) por proporcionar la base de datos de trapeo de la zona de estudio y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHACYT) por la beca otorgada a Jesús Armando Vargas Tovar para realizar el Doctorado en Ciencias en Biología en el Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico

an agent to reduce “ruby red” grapefruit susceptibility to the attack of this pestiferous fruit fly in commercial groves. *Journal of Economic Entomology*, 99(4), 1184-1193. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.4.1184>

- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas (CESAVETAM). (2024). *Programa integral de trabajo de los proyectos de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), en el estado de Tamaulipas, del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria en el ejercicio fiscal 2024 con recursos de origen federal*. SENASICA, SADER, SEPESCA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/907399/PTI_TAMAULIPAS-comprimido.pdf
- Conover, W. J. (1999). *Practical nonparametric statistics*. Wiley. http://140.117.153.69/ctdr/files/857_1734.pdf
- Henson, R. H. (2015). Analysis of variance (ANOVA). In A. W. Toga (Ed.), *Brain mapping: an encyclopedic reference* (pp. 477-481). Academic Press: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00319-5>
- Hernández-Ortiz, V., & Aluja, M. (1993). Listado de especies del género neotropical *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. *Folia Entomológica Mexicana*, 88, 89-105. <https://www.researchgate.net/publication/269635163>
- Hernández-Ortiz, V. (2007). Diversidad y biogeografía del género *Anastrepha* en México. In V. Hernández-Ortiz (Ed.), *Moscas de la fruta en latinoamérica (Diptera: Tephritidae): diversidad, biología y manejo* (pp. 53-76). S y G editores. <https://www.researchgate.net/publication/269635098>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010, Tamaulipas*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293178>
- Jenkins, D. A., & Goenaga, R. (2008). Host breadth and parasitoids of fruit flies (*Anastrepha* spp.) (Diptera: Tephritidae) in Puerto Rico. *Environmental Entomology*, 37(1), 110-120. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2008\)37\[110:HBAPOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2008)37[110:HBAPOF]2.0.CO;2)
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of American Statistical Association*, 47(260), 583-621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- Martínez-Jiménez, A., García-Salazar, J. A., García-de los Santos, G., Ramírez-Valverde, G., Mora-Flores, J. S., & Matus-Gardea, J. A. (2020). Control de oferta de naranja en México como mecanismo para controlar la volatilidad de los precios. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(2), 223-231. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.223>
- Nolasco, N., & Iannacone, J. (2008). Fluctuación estacional de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitidis capitana* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) en trampas McPhail en Piura y en Ica, Perú. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 24(3), 33-44. <https://doi.org/10.21829/azm.2008.243906>
- Padrón-Chávez, J. E., & Rocha-Peña, M. A. (2007). *La poda de los cítricos*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://www.compucampo.com/tecnicos/podacitricos.pdf>
- Papadopoulos, N. T., de Meyer, M., Terblanche, J. S., & Kriticos, D. J. (2024). Fruit flies: challenges and opportunities de Cd. Victoria (TecNM-ITCV). Por último, agradecemos a los revisores por los comentarios que permitieron mejorar este manuscrito.

Fin de la versión en español

to stem the tide of global invasions. *Annual Review of Entomology*, 69, 355-373. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-022723-103200>

- Robacker, D. C., & Fraser, I. (2002). Do Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) prefer grapefruit to yellow chapote, a native host?. *Florida Entomologist*, 85(3), 481-487. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0481:DMFFDT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0481:DMFFDT]2.0.CO;2)
- Salcedo-Baca, D., Lomeli-Flores, J. R., Terrazas-González, G. H., & Rodríguez-Leyva, E. (2010). *Evaluación económica de la campaña nacional contra moscas de la fruta en los estados de Baja California, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/19785>
- Saldaña-Reyes, J. D., Morán-Centeno, J. C., & Varela-Ochoa, G. (2019). Fluctuación poblacional de moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) en Nicaragua, basado en el sistema de vigilancia fitosanitaria, 2017. *La Calera*, 19(33), 66-71. <https://doi.org/10.5377/calera.v19i33.8842>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2017). *Manual técnico para las operaciones de campo de la campaña nacional contra moscas de la fruta, sección I: trampeo y muestreo de frutos*. SENASICA. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/estrategia-operativa-moscas-nativas-de-la-fruta>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2018). *NOM-023-FITO-1995: Guía de Identificación de Moscas de la Fruta*. SENASICA. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-023-fito-1995>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2022). *Moscas nativas de la fruta*. SENASICA. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/moscas-nativas-de-la-fruta-110869>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Avances de siembras y cosechas*. SIAP. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Sivinski, J., Aluja, M., Piñero, J., & Ojeda, M. (2004). Novel analysis of spatial and temporal patterns of resource use in a group of Tephritid flies of the genus *Anastrepha*. *Annals of the Entomological Society of America*, 97(3), 504-512. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0504:NAOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0504:NAOSAT]2.0.CO;2)
- Soto-Ortiz, M., Espinoza, J. R., & Almaguer-Vargas, G. (1994). Desfasamiento de cosecha en naranja (*Citrus sinensis* (L) Osbeck) cv Washington navel en El Progreso, municipio de Tenango de Doria, Hgo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 2, 187-190.
- Thomas, D. B. (2003). Reproductive phenology of the Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) in the Sierra Madre Oriental, Northern Mexico. *Neotropical Entomology*, 32(3), 385-397. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000300002>

- Tucuch-Cauich, F. M., Chi-Que, G., & Orona-Castro, F. (2008). Dinámica poblacional de adultos de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae) en Campeche, México. *Agricultura Técnica en México*, 34(3), 341-347. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v34n3/v34n3a9.pdf>
- Vanoye-Eligio, V., Guardiola-Alcocer, L. A., & Gaona-García, G. (2014). Nuevos registros de especies del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) en Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 30(3), 688-691. <https://doi.org/10.21829/azm.2014.30386>
- Vanoye-Eligio, V., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G., Lara-Villalón, M., & Lozano-Barrientos, L. (2015). Fluctuación poblacional de *Anastrepha ludens* en la región de Santa Engracia, Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1077-1091. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i5.600>
- Vanoye-Eligio, V., Vázquez-Sauceda, M. L., Chacón-Hernández, J. C., Rocandio-Rodríguez, M., Rosas-Mejía, M., & Vanoye-Eligio, M. (2023). Insights into the population dynamics of *Anastrepha obliqua* and *Anastrepha ludens* in the neotropical limits of Mexico. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 171(1), 35-44. <https://doi.org/10.1111/eea.13245>
- Vargas-Tovar, J. A., Delgado-Luna, C., Zavala-Zapata, V., & Azuara-Domínguez, A. (2024). Asociación de la fenología de cítricos cultivados con el número de adultos de *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) en Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 40(1), 1-17. <https://doi.org/10.21829/azm.2024.4012702>