



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria



Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

TESIS

Fluctuación poblacional y distribución espacio-temporal del estado larval y adultos de *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) asociada a cultivos cítricos y hospederos alternantes.

presentada por

M. en C. Araceli Chino Cantor
G-19380011

como requisito para la obtención del grado de
Doctor en Ciencias en Biología

Director de tesis
Dr. Ausencio Azuara Domínguez

Codirectora de tesis

Dra. María de la Luz Vázquez Saucedo

Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Junio de 2025.



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
Subdirección Académica
División de Estudios de Posgrado e Investigación

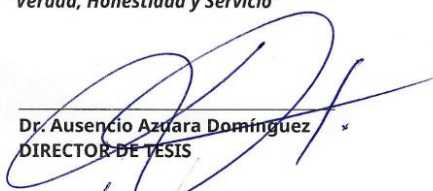
Cd. Victoria, Tamaulipas, 02/Junio/2025

Asunto: Carta de autorización de impresión de tesis

C. Dra. Adriana Mexicano Santoyo
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación
Presente

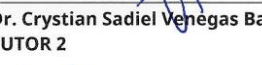
Como miembros del Comité Tutorial de la estudiante **Araceli Chino Cantor** del programa de **DOCTORADO EN C. EN BIOLOGÍA** con Número de Control **G-19380011**, certificamos que después de haber sometido a revisión académica la tesis titulada: **"Fluctuación poblacional y distribución espacio-temporal del estado larval y adultos de *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) asociada a cultivos cítricos y hospederos alternante"**, que fue dirigida por EL **C. DR. AUSENCIO AZAUARA DOMÍNGUEZ** y codirigida por la **C. MARÍA DE LA LUZ VÁZQUEZ SAUCEDA**, acordamos la **ACEPTACIÓN** del documento para obtener el grado de **DOCTOR EN C. EN BIOLOGÍA**, dado que cumple con los criterios expresados en los lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México.

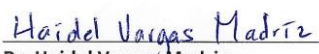
ATENTAMENTE
Comité Tutorial
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Verdad, Honestidad y Servicio"


Dr. Ausencio Azuara Domínguez
DIRECTOR DE TESIS


Dra. María de la Luz Vázquez Saucedo
CODIRECTORA DE TESIS


Dr. Juan Flores Gracia
TUTOR 1


Dr. Crystian Sadiel Venegas Barrera
TUTOR 2


Dr. Haidel Vargas Madriz
TUTOR 3


Dr. Jorge Víctor Horta Vega
TUTOR 4



Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301, C.P. 87010 Cd.
Victoria, Tamaulipas Tel. (834) 153-2000, Ext. 180
e-mail: dir_cd victoria@tecnm.mx
tecnm.mx | cdvictoria.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
Subdirección Académica
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Cd. Victoria, Tamaulipas, **02/junio/2025**
Asunto: Carta de Cesión de Derechos

En Cd. Victoria, Tamaulipas, a **02 de junio de 2025**, el que suscribe, **ARACELI CHINO CANTOR**, estudiante del programa de **DOCTORADO EN CIENCIAS EN BIOLOGÍA** del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, con número de control **G-19380011**, manifiesto que soy autor intelectual de la presente tesis, la cual fue dirigida por el **DR. AUSENCIO AZUARA DOMÍNGUEZ** y Codirigida por la **DRA. MARÍA DE LA LUZ VÁZQUEZ SAUCEDA**, cedo íntegramente los derechos del trabajo de tesis titulado **"Fluctuación poblacional y distribución espacio-temporal del estado larval y adultos de *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) asociada a cultivos cítricos y hospederos alternante"** al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cd. Victoria para su uso con fines académicos y de investigación.

Los usuarios pueden consultar y reproducir el contenido para todos los usos que tengan finalidad académica siempre y cuando sea citada la fuente de información.



ARACELI CHINO CANTOR



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301, C.P. 87010 Cd.
Victoria, Tamaulipas Tel. (834) 153-2000, Ext. 180
e-mail: dir_cd victoria@tecnm.mx
tecnm.mx | cdvictoria.tecnm.mx



Posgrado
M00-PM-AUT_IMT_TESIS-F08



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
Subdirección Académica
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Cd. Victoria, Tamaulipas, **02/junio/2025**

Asunto: Carta de originalidad

C. LUDIVINA BARRIENTÓS LOZANO
Coordinadora del Doctorado en Ciencias en Biología
PRESENTE

Por medio del presente se le informa, que después de haber realizado un contraste entre los trabajos publicados en internet y la tesis **"Fluctuación poblacional y distribución espacio-temporal del estado larval y adultos de *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) asociada a cultivos cítricos y hospederos alternante"**, desarrollada por la estudiante **ARACELI CHINO CANTOR** con número de control **G-19380011**, se encontró que el trabajo presenta un **18 %** de contenido similar a otros textos, producto del análisis desarrollado utilizando el software Turnitin.

Dado que el límite máximo acordado por el claustro doctoral del **Doctorado en Ciencias en Biología** es del 25% se extiende la presente **CARTA DE ORIGINALIDAD** en Ciudad Victoria Tamaulipas, a los 2 días del mes de junio de 2025.

Anexo se encuentra el reporte de similitud realizado al documento de tesis previamente mencionado con el objetivo de que emita la constancia de originalidad correspondiente.

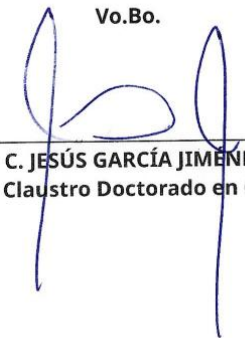
ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
"Verdad, Honestidad y Servicio"


C. AUSENCIO AZUARA DOMINGUEZ
Directora de Tesis

ccp.- Expediente

Vo.Bo.


C. JESÚS GARCÍA JIMÉNEZ
Presidente Claustro Doctorado en C. en Biología



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Bld. Emilio Portes Gil No. 1301, C.P. 87010 Cd.
Victoria, Tamaulipas Tel. (834) 153-2000, Ext. 180
e-mail: dir_cd victoria@tecnm.mx
tecnm.mx | cdvictoria.tecnm.mx



Posgrado
M00-PM-AUT_IMT_TESIS-F01



Educación
Secretaría de Educación Pública



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
Subdirección Académica
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Cd. Victoria, Tamaulipas, 04/junio/2025

OFICIO No: DEPI-121/2025
Asunto: Autorización de impresión de tesis

ARACELI CHINO CANTOR
Candidato al Grado de Doctor en Ciencias en Biología
No. Control: G-19380011

Presente

Por recomendación de su H. **Comité Tutorial**, se le **AUTORIZA** imprimir y reproducir digitalmente la Tesis:
"Fluctuación poblacional y distribución espacio-temporal del estado larval y adultos de *Anastrepha Ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) asociada a cultivos cítricos y hospederos alternantes", que tuvo a bien desarrollar en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de este instituto.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Verdad, Honestidad y Servicio"

ADRIANA MEXICANO SANTOYO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



C.c. p. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Bvld. Emilio Portes Gil No. 1301, C.P. 87010 Cd.
Victoria, Tamaulipas Tel. (834) 153-2000, Ext. 325
e-mail: dposgrado@cdvictoria.tecnm.mx
tecnm.mx | cdvictoria.tecnm.mx



Posgrado
M00-PM-AUT_IMT_TESIS-F07

Dedicatoria

A Dios

Por ser mi guía y por brindarme la fortaleza necesaria en todo momento de debilidad para seguir adelante.

A mis padres

Por el apoyo incondicional en todo momento que los necesité, infinitamente gracias por cada palabra de aliento y motivación para concluir esta meta profesional.

A mi hijo

Por ser el motor más grande de mi vida e inspiración para ser mejor persona cada día, en todos los ámbitos de mi vida.

A mi esposo

Por ser un apoyo incondicional y por ser mi compañero de vida.

Agradecimientos

Expreso mi más sincera gratitud a mi director de Tesis, el Dr. Ausencio Azuara Domínguez, por su dedicación docente, por ser mi guía y por su valioso apoyo en este trayecto, ha sido pilar fundamental en la dirección y enriquecimiento de esta investigación, para poder concluir satisfactoriamente el doctorado.

Extiendo mi profundo agradecimiento a mi codirectora la Dra. María de la Luz Vázquez Saucedo, a mis asesores los doctores: Juan Flores Gracia, Crystian Sadiel Venegas Barrera y Haidel Vargas Madriz, por su seguimiento, asesoría y valioso apoyo académico durante mi formación académica del Doctorado, por sus atinadas recomendaciones y sugerencias para concluir la presente investigación.

Al Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Victoria, por darme la oportunidad de estudiar el posgrado.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico durante el periodo del posgrado.

Al Comité de Sanidad Vegetal del Estado de Tamaulipas (CESAVETAM), por la recolección de las muestras de campo y por las facilidades para trabajar con la base de datos proporcionada.

A todas las personas involucradas de alguna manera con su apoyo, facilidades, conocimientos y consejos para poder concluir satisfactoriamente este proyecto.

RESUMEN

Las moscas de la fruta son uno de los grupos de insectos más importantes desde el punto de vista agrícola y económico, debido a su impacto en la producción frutícola. En el estado de Tamaulipas, ubicado en el noreste de México, la presencia de estas especies representa un desafío para los productores locales, ya que afectan directamente la calidad y el rendimiento de cultivos cítricos, frutales de importancia comercial. En el primer capítulo se aborda información general de las moscas de las frutas, resaltando las especies de mayor importancia económica: *Anastrepha ludens*, *Anastrepha obliqua*, *Anastrepha serpentina* y *Anastrepha striata*. Las cuatro especies causan el mayor daño en la etapa larval, lo que provoca afectación directa a la calidad e induce la caída prematura del fruto, causando pérdidas económicas. En el segundo capítulo de la presente investigación se explica el estudio donde se evaluó la infestación larval de *Anastrepha ludens* en cinco variedades de cítricos (naranja agria, navel, temprana, valencia y toronja) en Tamaulipas, México. Las variables de infestación entre las variedades de los cítricos se realizaron en dos ciclos agrícolas (primavera-verano y otoño-invierno) con el análisis de funciones discriminantes. Los resultados mostraron que la naranja valencia presentó la mayor infestación en primavera-verano, mientras que la naranja temprana tuvo la mayor infestación en otoño-invierno. La naranja agria mostró el mayor número de larvas en estadios avanzados (L2 y L3) y en frutos del suelo durante otoño-invierno. Por lo que la susceptibilidad a *A. ludens* varía según la variedad de cítrico y la estación del año, información que permite ajustar las estrategias de manejo de esta plaga en la región. En el tercer capítulo se cuantificó la abundancia y distribución temporal de las especies del género *Anastrepha* en Tamaulipas, utilizando 1,330 trampas tipo Multilure en cinco municipios. El número de insectos adultos capturados fue de 19,064, siendo *A. ludens* la especie más abundante (97.99%), seguida de *A. obliqua* (1.31%), *A. serpentina* (0.59%) y *A. striata* (0.11%). La naranja valencia fue el hospedero preferido por todas las especies, representando el 68.03% de las capturas. Los municipios con mayor captura fueron Güémez, Padilla y Llera de Canales. La mayor abundancia de *A. ludens* se registró en octubre, marzo y diciembre, coincidiendo con la maduración de los frutos y las lluvias. Las otras

especies presentaron abundancias bajas y sin variaciones temporales. Los resultados resaltan la importancia de la naranja valencia como hospedero principal de *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* y la necesidad de ajustar las estrategias de control según la dinámica poblacional de las especies de *Anastrepha* en la región. La infestación larval y la abundancia de estas moscas de la fruta varían según la variedad de cítrico, la estación del año y las condiciones climáticas. Los resultados pueden utilizarse para optimizar las estrategias de manejo integrado de plagas, dirigiendo los esfuerzos de control hacia las variedades y épocas más vulnerables, y reduciendo así el impacto económico de estas plagas en la producción citrícola de la región. En conclusión, el estudio de las moscas de la fruta en Tamaulipas es relevante desde una perspectiva agronómica, ecológica y económica, ya que su manejo adecuado contribuye a la sostenibilidad de la agricultura y al bienestar de las comunidades rurales que dependen de esta actividad.

ABSTRACT

Fruit flies are one of the most important insect groups from an agricultural and economic perspective, due to their impact on fruit production. In the state of Tamaulipas, located in northeastern Mexico, the presence of these species represents a challenge for local producers, as they directly affect the quality and yield of citrus crops, fruit trees of commercial importance. The first chapter provides general information on fruit flies, highlighting the most economically important species: *Anastrepha ludens*, *Anastrepha obliqua*, *Anastrepha serpentina*, and *Anastrepha striata*. The four species cause the most damage in the larval stage, which directly affects quality and induces premature fruit drop, resulting in economic losses. The second chapter of this research explains the study that evaluated larval infestation of *Anastrepha ludens* in five citrus varieties (sour orange, navel, early orange, valencia, and grapefruit) in Tamaulipas, Mexico. Infestation variables among citrus varieties were determined in two agricultural cycles (spring-summer and autumn-winter) using discriminant function analysis. The results showed that Valencia oranges had the highest infestation in spring and summer, while early oranges had the highest infestation in autumn and winter. Bitter oranges showed the highest number of larvae in advanced stages (L2 and L3) and in fruits on the ground during autumn and winter. Therefore, susceptibility to *A. ludens* varies according to the citrus variety and season, information that allows for the adjustment of management strategies for this pest in the region. In the third chapter, the abundance and temporal distribution of species of the genus *Anastrepha* in Tamaulipas were quantified, using 1,330 Multilure-type traps in five municipalities. The number of adult insects captured was 19,064, with *A. ludens* being the most abundant species (97.99%), followed by *A. obliqua* (1.31%), *A. serpentina* (0.59%), and *A. striata* (0.11%). The valencia orange was the preferred host for all species, accounting for 68.03% of catches. The municipalities with the highest catches were Güémez, Padilla, and Llera de Canales. The highest abundance of *A. ludens* was recorded in October, March, and December, coinciding with fruit ripening and rainfall. The other species showed low abundances and no temporal variations. The results highlight the importance of the Valencia orange as the main host of *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata*, and *A. serpentina* and the

need to adjust control strategies according to the population dynamics of *Anastrepha* species in the region. Larval infestation and abundance of these fruit flies vary according to the citrus variety, season, and climatic conditions. The results can be used to optimize integrated pest management strategies, directing control efforts toward the most vulnerable varieties and seasons, thus reducing the economic impact of these pests on citrus production in the region. In conclusion, the study of fruit flies in Tamaulipas is relevant from an agronomic, ecological, and economic perspective, as their proper management contributes to the sustainability of agriculture and the well-being of the rural communities that depend on this activity.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	1
Capítulo 1.....	4
INTRODUCCIÓN.....	4
Capítulo 2.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.5 Ciclo Biológico de <i>Anastrepha ludens</i>	10
2.1.6 Morfología de <i>Anastrepha ludens</i>	13
2.1.7 Distribución geográfica de <i>Anastrepha ludens</i>	14
2.1.8 Importancia económica de <i>Anastrepha ludens</i>	15
2.1.9 Estrategias de control contra moscas de la fruta en México.....	15
2.1.9.1 Trampeo.....	15
2.1.9.2 Muestreo de frutos.....	16
2.1.9.3 Control químico.....	17
2.1.9.4 Control mecánico cultural.....	17
2.1.9.5 Control biológico.....	18
2.1.9.6 Técnica del Insecto Estéril.....	18
2.1.9.7 Control legal.....	19
Capítulo 3.....	25
METODOLOGÍA.....	25
Capítulo 4.....	35
RESULTADOS.....	35
Capítulo 5.....	51
CONCLUSIONES.....	51
REFERENCIAS.....	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de clasificación de las variedades. Representa el número de observaciones que fueron correcta o incorrectamente clasificadas por el análisis.....	36
Tabla 2. Valores de Fisher obtenidos de la comparación pareada entre las cinco variedades de cítricos (Grados de libertad del numerador = 7, grados de libertad del denominador=602) y su respectivo valor de probabilidad.....	36
Tabla 3. Valores de correlación entre las variables asociadas a las larvas y las dos primeras raíces del análisis de funciones discriminantes.....	39
Tabla 4. Distribución de las especies del género <i>Anastrepha</i> por tipo de planta hospedera.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Larva de <i>Anastrepha ludens</i> (Diptera: Tephritidae). Fotografía Araceli Chino Cantor.....	11
Figura 2. <i>Anastrepha ludens</i> (Diptera: Tephritidae). Morfología de una hembra adulta (Izquierda, Fotografía Araceli Chino Cantor) y morfología de un macho adulto (Derecha). Fuente: Guía de Identificación de Mosca de la Fruta (SENASICA) 2018.....	13
Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio en el Estado de Tamaulipas, México.....	26
Figura 4. Localización geográfica del área de estudio en el Estado de Tamaulipas.....	31
Figura 5. Trampa tipo Multilure.....	33
Figura 6. Análisis de funciones discriminantes. (A) Posición canónica promedio (centroides) de los hospederos de mosca de la fruta con base en las variables asociadas a las larvas y (B) valores de correlación de las variables.....	38
Figura 7. Abundancia temporal de adultos del género <i>Anastrepha</i> en los municipios de Güémez, Padilla, Llera de canales, Hidalgo, Victoria y González, Tamaulipas.....	43

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Las moscas de la fruta son la principal plaga de la fruticultura mundial. En México la fruticultura representa una importante derrama económica, se cultivan 587,996.91 hectáreas (SIAP, 2023), y se generan alrededor de 9.0 millones de toneladas al año de cítricos anualmente, con un valor de producción de 55 mil 523 millones de pesos (SADER, 2024). La citricultura es amenazada por diversos problemas fitosanitarios, entre ellos la presencia de las moscas de la fruta (Hernández-Adame et al., 2015). La mosca de la fruta se caracteriza por tener una amplia distribución geográfica, debido a su gran capacidad de adaptación y dispersión (Aluja, 1993), afectando a una gran cantidad de hospederos cultivados y silvestres (Hernández-Ortiz, 1992). Las cuatro especies de mayor importancia, por las pérdidas económicas que representa al sector agrícola son *Anastrepha ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* (Gutiérrez-Ruelas y Santiago, 2008). Las cuatro especies de moscas causan daño directo a la calidad y provocan la caída prematura del fruto (Vanoye-Eligio et al., 2015a), debido a la oviposición de huevos que posteriormente se convierten en larvas, las cuales se alimentan de la pulpa y semilla de los frutos; lo cual limita el comercio interno y externo de frutas (Conde-Blanco, 2018). El daño de las larvas también puede afectar el sabor y los nutrientes de la fruta, debido a los compuestos responsables del aroma y sabor (Soto-Reyes et al., 2018). Las pérdidas económicas de la mosca mexicana de la fruta alcanzan hasta el 30% de la producción en el país (SEDERPA, 2025). Lo

anterior depende de la región y la efectividad de las medidas de control para esa plaga.

En el estado de Tamaulipas los cítricos son frutales de mucha relevancia económica (Ruiz et al., 2006). Sin embargo, este cultivo es afectado por la presencia de larvas y adultos de moscas de la fruta en frutos de diferentes variedades de cítricos. La infestación larval de *A. ludens* varía según la variedad y la estación del año, la naranja agria se destacó por tener el mayor grado de infestación larval en el periodo Otoño-Invierno, a pesar de que se cultiva en menor escala, por lo que la naranja agria actúa como reservorio de *A. ludens* debido a la alta infestación observada y a su uso común en traspatios con poco control químico, mientras que la naranja Valencia, es la variedad de mayor abundancia y sólo presenta alta infestación en primavera-verano (SIAP, 2021).

En ese sentido, en el presente estudio realizado en el estado de Tamaulipas (municipio de González, Güémez, Hidalgo, Padilla, Llera de Canales y Victoria) *A. ludens* fue la mosca de mayor frecuencia y abundancia poblacional la presentó en los meses de octubre, marzo y febrero. Los dos primeros meses coinciden con la época de lluvias, además, se encontró la presencia de larvas y adultos de moscas de la fruta en hospederos alternantes tales como chapote amarillo (*Casimiroa greggii* S. Watson F. Chiang) y naranja agria (*Citrus aurantium* L.), y en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) en Michoacán Vanegas-Carrillo et al. (2021). Por lo que es necesario ampliar el grado de infestación en hospederos alternantes, ya que podrían funcionar como reservorios.

El presente estudio tuvo como objetivos cuantificar y comparar el grado de infestación larval en la naranja agria, navel, temprana, valencia y toronja; así como cuantificar la abundancia y distribución temporal de las especies del género *Anastrepha* en relación con diferentes hospederos y municipios en Tamaulipas, con el fin de proporcionar información clave para el manejo integrado de estas plagas. Los resultados permitirán optimizar las estrategias de control en el estado de Tamaulipas.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La mosca de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) representa una de las plagas agrícolas más importantes en México, especialmente en regiones productoras de cítricos como Tamaulipas. Esta especie, junto con otras del mismo género, afecta gravemente cultivos comerciales como la naranja, la toronja y otras variedades cítricas, causando pérdidas económicas considerables por la reducción del rendimiento, la calidad del fruto y las restricciones comerciales derivadas de la presencia de la plaga.

A pesar de la relevancia de esta problemática, se conoce poco sobre la dinámica espacio-temporal de sus diferentes estadios de vida (larva y adulto), así como sobre su preferencia por distintos hospederos, tanto cultivos comerciales como plantas silvestres o alternantes. Este desconocimiento limita la efectividad de los programas de manejo integrado de plagas (MIP) y dificulta la aplicación de medidas focalizadas para el control y prevención de brotes. La falta de información detallada sobre su distribución por municipio y tipo de planta hospedera también impide un uso óptimo de los recursos de control biológico y fitosanitario.

1.2 OBJETIVOS

- 1) Cuantificar y comparar el grado de infestación larval en la naranja agria, navel, temprana, valencia y toronja.
- 2) Cuantificar la abundancia de cada especie de mosca de la fruta por tipo de planta hospedera y municipio. Así mismo, determinar la distribución temporal de las especies del género *Anastrepha* en Tamaulipas, México.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta es de gran relevancia para la agricultura mexicana, particularmente para el estado de Tamaulipas, donde los cítricos constituyen una fuente importante de ingresos y empleo. Comprender la

fluctuación poblacional y la distribución espacio-temporal de *Anastrepha ludens* y otras especies del género *Anastrepha* permitirá identificar patrones de infestación y épocas críticas de presencia de la plaga.

Este conocimiento facilitará el diseño de estrategias de monitoreo y control más precisas, como el uso racional de trampas, el establecimiento de zonas libres o de baja prevalencia de mosca, y la integración de métodos biológicos, culturales y químicos de forma más eficiente. Además, al incluir hospederos alternantes en el análisis, se podrá comprender mejor el papel de la vegetación circundante en la persistencia y dispersión de las poblaciones de mosca de la fruta, un aspecto clave para un enfoque agroecológico y sostenible del manejo de plagas.

En suma, esta tesis contribuirá de manera significativa al conocimiento científico y aplicado sobre la ecología de *Anastrepha*, fortaleciendo las capacidades locales de manejo fitosanitario y apoyando la competitividad de la producción citrícola de la región.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción de la especie.

Las moscas de la fruta son insectos del orden Diptera de la familia Tephritidae. La familia engloba a más de 5,000 especies, se encuentran las especies moscas de la fruta, que son un grupo de más de 1,400 especies que emplean frutas carnosas para su desarrollo. Los principales géneros de las moscas de fruta de mayor importancia económica son *Anastrepha* Schiner, *Bactrocera* Macquart, *Ceratitis* MacLeay, *Rhagoletis* Loew y *Toxotripa* Gerstaecker (Aluja y Magan, 2008; Hernández-Ortiz et al., 2010; Norrbom, 2010; Uchôa y Nicácio, 2010).

En América el género *Anastrepha*, comprende el grupo más diverso de todos, representando cerca de 200 especies, de las cuales 37 especies son registradas en México (Hernández-Ortiz, 1992, 1998, 2004; Hernández-Ortiz y Aluja, 1993). Las cuatro especies de mayor importancia económica son *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina*. De estas, *A. ludens* (Figura 1) es considerada la plaga agrícola de mayor importancia económica nativa de la Sierra Madre Oriental en el noreste de México, debido a la presencia de su hospedador silvestre el chapote amarillo (*Casimiroa greggi* S. Watson. Chiang) (Plummer et al., 1941).

2.1.1 Descripción de *Anastrepha ludens*.

Anastrepha ludens, conocida como la mosca mexicana de la fruta, es una de las plagas agrícolas de importancia económica debido a los daños que ocasiona a la producción de cítricos y de mango *Manguifera indica* (L) que son la base del comercio de México (Hernández-Ortiz, 1992; Hendrichs, 1996; Weems, 2012). Por lo que la infestación que ocasiona en estos cultivos representa un grave problema fitosanitario. Los adultos presentan un cuerpo de color amarillo parduzco con alas transparentes que exhiben un patrón de bandas amarillas y marrones distintivas. Las hembras poseen un ovipositor largo y robusto, adaptado para perforar la piel de los frutos y depositar sus huevos. Esta especie es nativa de México y América Central, pero se ha extendido a otras regiones debido al comercio internacional (Aluja, 1994; Norrbom et al., 2012).

2.1.2 Descripción de *Anastrepha obliqua*.

Anastrepha obliqua, también llamada mosca del mango es una plaga importante en cultivos de mango y ciruela. Los adultos tienen un cuerpo de color marrón amarillento con alas que presentan bandas oscuras y una mancha característica en el ápice. Las hembras tienen un ovipositor más corto en comparación con *A. ludens*, lo que les permite infestar frutos de menor tamaño. Esta especie se distribuye ampliamente en América tropical y subtropical, y su control es fundamental para la producción frutícola (Hernández-Ortiz, 1992; Malavasi et al., 2000).

2.1.3 Descripción de *Anastrepha serpentina*.

Anastrepha serpentina es una especie que se alimenta principalmente de frutos de la familia Sapotaceae, como el chicozapote y el mamey. Los adultos son de color amarillo pálido con alas que presentan un patrón de bandas oscuras y una mancha en forma de "V" en el ápice. El ovipositor de las hembras es delgado y curvado, adaptado para infestar frutos de piel gruesa. Esta especie se encuentra en regiones

tropicales de América, desde México hasta Brasil (Norrbon et al., 2012; Aluja et al., 2015).

2.1.4 Descripción de *Anastrepha striata*.

Anastrepha striata es una especie polífaga que ataca una amplia variedad de frutos, incluyendo guayaba, mango y papaya. Los adultos tienen un cuerpo de color amarillo parduzco con alas que presentan bandas oscuras y una mancha en forma de "S" en el ápice. Las hembras poseen un ovipositor de longitud media, lo que les permite infestar frutos de diferentes tamaños. Esta especie es común en América tropical y subtropical, y su manejo es crucial para evitar pérdidas económicas en la agricultura (Hernández-Ortiz, 1992; Aluja, 1999).

2.1.5 Ciclo Biológico de *Anastrepha ludens*.

La duración del ciclo biológico depende de las condiciones ecológicas de cada región; y está estrechamente regulado por factores tales como temperatura, humedad, vegetación nativa, sustrato de pupación, sustrato de oviposición y disponibilidad de alimento (Aluja, 1993). Generalmente su ciclo biológico, cuando las condiciones ambientales son favorables, tiene una duración de 24 días; sin embargo, cuando las temperaturas son bajas puede durar más de un mes. Una hembra fecundada inserta su ovipositor en frutos premaduros y deposita los huevos de manera individual, que eclosionan después de transcurridos cuatro días. Las larvas que pasan por tres estadios se alimentan de la pulpa de la fruta, la maduración de esta coincide con la maduración del fruto y la caída de este. La duración de la etapa larval es de entre 10 y 15 días. Posteriormente salen del fruto para pupar en el suelo, periodo que dura 10 días o más hasta alcanzar la etapa adulta (Aluja, 1993).

Huevo: Mide 1.37-1.60 mm de longitud y 0.18-0.21 mm de ancho, es blanco, ancho en su parte anterior y delgado en la posterior. El micrópilo ligeramente a un lado del

ápice del polo anterior; una red opaca cerca del micrópilo, formada por pentágonos y hexágonos irregulares muy alargados en la porción posterior del huevo; distintas aberturas del corion en los vértices de polígonos en la terminal anterior del huevo.

Larva: Es blanca, mide 9-11 mm de longitud y 1.5 mm de diámetro, con forma cilíndrica, elongada, curvada ventralmente, en su parte anterior muestra ganchos bucales, su parte terminal caudal aplanada, ocho áreas ventrales fusiformes (1 indistinta entre el tórax y el abdomen), once segmentos del cuerpo en adición a la cabeza; los últimos instares miden 9-12 mm de longitud (figura 1). El aparato bucofaríngeo se compone de 12 a 16 carinas (Aluja, 1993). Esqueleto céfalo-faríngeo con gancho bucal grande y convexo dos veces más largo que ancho, con hipostoma igual de ancho; puente dorsal alargado; plato faríngeo un poco más largo que el plato dorsal alar y con largo soporte faríngeo.



Figura 1. Larva de *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). Fotografía Araceli Chino Cantor.

Los espiráculos anteriores pequeños, quitinizados, pálido amarillos, asimétricos, con una depresión media, con 18 túbulos presentes (raramente 12 a 18). Espiráculos posteriores localizados arriba de la línea media horizontal alargados con el dorsal 2 angulado hacia arriba y el ventral 1 angulado hacia abajo en cada lado del medio;

cada espiráculo con tres amplias entradas amarillas; arriba y abajo de cada espiráculo posterior se encuentran un par de pequeños tubérculos; la elevación anal grande, con cada lóbulo anal abultado, bífido, y con una coloración café-oscuro.

Pupa: cilíndrica de 5.5-7.5 mm de longitud y 2-3.25 mm de diámetro, de coloración pálida a rojo oscuro, con 11 segmentos, el último prominente. Los espiráculos anteriores como los de la larva, pero más oscuros. Los espiráculos posteriores café rojizo localizados bajo la línea media horizontal; cada espiráculo con tres amplias entradas amarillas, sobre protuberancias bien definidas. Los platos anales grandes, elípticos y negros rojizos (Aluja, 1993).

Adulto: el cuerpo de los adultos mide aproximadamente 7-10 mm de longitud, tienen un cuerpo delgado y alargado, característico de la familia Tephritidae. Con una coloración general amarillo-marrón y alas transparentes con un patrón de bandas amarillas y marrones distintivas (Hernández-Ortiz, 1992). Las bandas en las alas son clave para diferenciar *A. ludens* de otras especies del género *Anastrepha*.

Los adultos de *A. ludens* presentan dimorfismo sexual, lo que facilita la distinción entre machos y hembras. Las hembras se caracterizan por poseer un ovipositor largo y esclerotizado, que puede alcanzar hasta 1.5 veces la longitud del abdomen, utilizado para perforar la piel de los frutos y depositar los huevos (Aluja, 1994). Por otro lado, los machos carecen de esta estructura y presentan una mancha oscura en el ápice de las alas, conocida como la "mancha costal", que es menos pronunciada en las hembras (Norrbom et al., 1999).



Figura 2. *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). Morfología de una hembra adulta (Izquierda, Fotografía Araceli Chino Cantor) y morfología de un macho adulto (derecha). Fuente: Guía de Identificación de Mosca de la Fruta (SENASICA) 2018.

2.1.6 Morfología de *Anastrepha ludens*.

Cabeza: Con las genas y el vértice amarillos; cresta facial moderadamente desarrollada y sin cresta media; colas apenas perceptibles en los ojos, con dos pares de alas orbitales al frente; longitud regular de antenas (Hernández-Ortiz, 1992).

Tórax: Macrosedas grande de color café oscuro o negro; mesonoto y área presutural sin manchas oscuras, pero con franjas sublaterales amarillo claro; puntos negros dispersos que se extienden lateralmente hacia la sutura del escudo; sedas acrosticales presentes; escutelo amarillo claro en su tonalidad; mesopleuras sin un patrón oscuro diferenciado, seda katepisternal débil, presente; seta inferior con una mancha negra a cada lado, a veces extendiéndose hasta la seta media y estrechándose a lo ancho (Hernández-Ortiz, 1992).

Alas: Las bandas son predominantes de color café oscuro, bandas S y Costal delgadas, pero fuertemente unidas, las áreas hialinas a cada lado de ellas rara vez se tocan en la vena R4+5. Banda en V invertida incompleta, sólo presenta el brazo interno que es delgado y completamente separado de la banda en S (SENASICA, 2018).

Abdomen: Con todos los terguitos amarillos. Hembra con el segmento VII de longitud variable pero casi dos veces más largo que la longitud del abdomen; membrana reversible con ganchos grandes y fuertes dispuestos en forma triangular; ovipositor de 3.2 a 5 mm de longitud, de punta larga y con pequeños dientecillos redondeados, en ocasiones escasos y débiles que ocupan menos de la mitad apical; macho con los surstilos moderados, largos y gruesos, pero agudos en la punta, prensisetas cortas y robustas situadas casi en la parte media; distifalo presente y bien desarrollado (Hernández-Ortiz V, 1992).

2.1.7 Distribución geográfica de *Anastrepha ludens*.

Anastrepha ludens es una especie de mosca de la fruta, que se distribuye desde México hasta Costa Rica, (Birke et al., 2013). En la república mexicana esta especie presenta una amplia distribución en regiones bajas tropicales de 26 estados: Aguascalientes (baja prevalencia), Campeche, Chiapas, Colima, Distrito Federal, Durango (solo algunas áreas con baja prevalencia), Guanajuato, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León (con áreas libres y de baja prevalencia), Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí (con áreas libres y de baja prevalencia), Sinaloa (con áreas libres y de baja prevalencia), Tabasco, Tamaulipas (con áreas libres y de baja prevalencia), Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (solo algunas áreas y con baja prevalencia) (Hernández-Ortiz, 2007).

A. ludens en estado adulto, es capaz de desplazarse a distancias de 135 km, siendo el movimiento natural un factor importante en su propagación (Aluja, 1994). Por otra parte, el comercio internacional de frutos infestados de huevos o larvas es considerado el principal medio de dispersión de mosca de la fruta a zonas que no tienen incidencia de esta plaga.

2.1.8 Importancia económica de *Anastrepha ludens*

Esta especie de mosca de la fruta, se considera una plaga frugívora y polífaga, encontrando como hospederos primordiales a las plantas del género *Rutaceae* (cítricos) y *Anacardiceae* (mango) (Aluja, 1993; Aluja et al., 2000; NOM-075-FITO-1997, 1998). Aunque las pérdidas ocasionadas por esta plaga pueden variar de acuerdo con la región geográfica, en Guerrero dicha especie ocasiona daños directos e indirectos a los cultivos de mango y se ha calculado que de no aplicar medidas de control provocaría pérdidas que pueden oscilar entre un 40 a 80%. Dichas implicaciones limitan la comercialización hacia otras regiones del país y la exportación a otros países para el consumo humano (CESAVEGRO, 2016).

2.1.9 Estrategias de control contra moscas de la fruta en México

En México a través de la CNMF se llevan a cabo acciones de control contra las moscas de la fruta, dichas actividades se sustentan bajo el esquema estratégico conocido como Manejo Integrado de Plagas (MIP). El MIP se define como el mecanismo en el que se evalúan y consolidan todas las técnicas de control disponibles con el fin de manejar las poblaciones de moscas. El objetivo es evitar el daño económico, minimizando los efectos secundarios de las acciones antropogénicas sobre el ambiente (Aluja, 1993; Gutiérrez-Ruelas, 2009).

2.1.9.1 Trampeo

La identidad, abundancia y distribución estacional y regional de las especies de moscas de la fruta presentes en zonas con frutales de importancia económica se obtiene de muestreo en campo. En áreas infestadas se utiliza para determinar la presencia de especies y monitorear la dinámica de la población de moscas. Además, estas actividades permiten evaluar el impacto de las acciones de control recomendadas (Aluja, 1993).

La captura de adultos de diferentes especies del género *Anastrepha* se emplean trampas de tipo McPhail, la cual consiste en un recipiente de vidrio invaginado en la parte inferior, que deja entrar a los individuos, pero le impide salir, de esta forma sus alas se mojan y no pueden volar, quedando atrapadas en la mezcla de atrayente. Además, se utiliza la trampa Multilure® (Better World Manufacturing, Inc. Fresno, CA) muy similar a la descrita anteriormente, y desarrollada a finales de la década de 1990 (Martínez et al., 2007), esta trapa consiste en un recipiente de plástico, de forma cilíndrica y consta de dos partes; la parte superior transparente y la inferior invaginada con colores vistosos. En ambas trampas se pueden utilizar diferentes atrayentes como lo son, la proteína hidrolizada, cebo seco sintético (acetato de amonio y putrescina) y tabletas de torula (levadura/bórax) (OIEA, 2005). En huertos con frutas tropicales como el mango, se emplea una trampa/ha, con un monitoreo semanal desde la floración hasta la cosecha, y colectas quincenales durante el resto del año. Los adultos de cada especie se contabilizan para obtener los índices MTD (moscas/trampa/día). La SAGARPA a través de la CNMF, establece tres categorías fitosanitarias 1) zona bajo control con un MTD > 0.0100 , 2) zona de baja prevalencia con un MTD ≤ 0.0100 y 3) zona libre de moscas de la fruta que establece un MTD igual a cero (NOM-023-FITO-1995, 1999).

2.1.9.2 Muestreo de frutos

Es la recolección de muestras de frutos y otros materiales que permite detectar, ubicar geográficamente y monitorear las poblaciones de cualquier estado inmaduro de las moscas de la fruta. Este muestreo también permite evaluar los resultados de control biológico y de la Técnica del Insecto Estéril (TIE). Las actividades se realizan seleccionando frutos en un estado de 60 a 70% de madurez, generalmente se recolectan los frutos sobre el árbol y a los recientemente caídos, colectándose de 2 a 5 kg de fruta por sitio de muestreo. Se colecta una muestra por hectárea en huertos con infestaciones ocasionales. Los frutos recolectados del suelo y del árbol, se colocan en bolsas de polietileno, separadas, aunque provengan del mismo árbol, con

sus respectivos datos de colecta. Los frutos se disectan y las larvas encontradas se depositan en un frasco con solución salina al 5%. Las infestaciones y el nivel de daño causado se determinan según el número de larvas por kilogramo de fruta, porcentaje de frutos infestados y número de larvas por fruto (Aluja, 1993).

2.1.9.3 Control químico

Está basado en el comportamiento alimenticio de los tefrítidos: se emplea una mezcla de insecticida y atrayente alimenticio para elaborar un cebo atractivo que incremente la efectividad del control, en comparación con las aplicaciones convencionales de insecticidas, los productos autorizados para su control son el Malatión y el Spinosad GF 120.

Los insecticidas químicos también suelen emplearse en aplicaciones terrestres, con aspersores manuales o motorizados, la periodicidad entre cada aplicación es de 7 a 10 días; y se realiza con aspersión totales en los huertos dirigidas al follaje de los árboles. En aplicaciones aéreas las aspersiones se aplican en bandas alternas, considerando el ancho de la franja de aplicación del avión, que puede abarcar hasta tres hileras de árboles.

A pesar de que el uso de insecticidas es un mecanismo de control que ofrece amplias posibilidades, también puede convertirse en un serio problema para el hombre; puesto que aplicaciones excesivas o mal programadas de insecticidas pueden ocasionar que la plaga se haga resistente a los agentes tóxicos. Así como realizar una mala aplicación puede originar la aparición de plagas secundarias y además tener efecto contraproducente en especies contra las que no se dirige la aplicación (enemigos naturales, polinizadores, fauna silvestre, entre otros) (Aluja, 1993).

2.1.9.4 Control mecánico cultural

El método se basa en destruir larvas de tefrítidos y se lleva a cabo cuando existe la evidencia de frutos infestados con la plaga, el cual consiste en la recolección y destrucción de frutos, barbecho, rastreo y podas sanitarias. La destrucción de frutos se realiza enterrándolos y cubriendo el lote con cal para posteriormente taparlos con

tierra o bien incinerándolos. La eliminación de la maleza mediante el barbecho y rastreo permite detectar las frutas caídas con mayor facilidad. Las podas sanitarias reducen el exceso de follaje que sirven como refugio a los tefrítidos adultos. El método puede conducir a una reducción de entre 60 al 80% de la abundancia de la especie (Aluja, 1993).

2.1.9.5 Control biológico

El control se sustenta en los principios ecológicos en el manejo de plagas agrícolas, y su objetivo es obtener productos libres de residuos tóxicos, reduciendo de esta manera el impacto negativo hacia el ambiente y organismos presentes (Montoya y Cancino, 2004). El himenóptero *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead), es uno de los parasitoides mayormente utilizado en el combate y se ha liberado en campo, así como también se ha llegado a establecerse colonias de esta especie en Metapa de Domínguez, Chiapas (Rodríguez-Leyva et al., 2008). En México, esta actividad en conjunto con otras medidas de control ha reducido considerablemente la presencia de tefrítidos en los huertos de frutales y han facilitado su control (Montoya et al., 2007).

2.1.9.6 Técnica del Insecto Estéril

La técnica es totalmente específica y afecta el sistema reproductivo de la plaga, su objetivo es la supresión de la población a nivel debajo del “umbral económico” para seguridad cuarentenaria. Dicha técnica se basa en la producción masiva de insectos que se esterilizan y se liberan en campo para asegurar que los apareamientos ocurren entre los insectos estériles y los silvestres, reduciendo con ello las poblaciones de la especie objetivo. La técnica del insecto estéril fue utilizada por primera vez contra la mosca del Mediterráneo en México a finales de 1979 y actualmente es la base del programa de manejo de esta plaga en diferentes países (Knipling, 1979).

2.1.9.7 Control legal

La comercialización tanto local como internacional de productos agrícolas es una actividad con riesgos de movilización de plagas y enfermedades. Para evitar el contagio de plagas y enfermedades, o incluso su movilización dentro de un país, se han tomado medidas cuarentenarias internas y externas para disminuir el riesgo de introducción o movilización de los organismos nocivos. El control legal se ejecuta a través de permisos para movilización de frutas, certificados de origen, certificación de huertos, entre otras medidas. Su rango de acción es amplio ya que comprende acuerdos internacionales, nacionales, regionales y locales (Aluja, 1993).

2.2 EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA INFESTACIÓN LARVAL NATURAL DE *Anastrepha ludens* LOEW EN CINCO VARIEDADES DE CÍTRICOS EN EL NORESTE DE MÉXICO

La mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae), es una plaga originaria del noreste de México que expandió su distribución a la zona citrícola de Texas, E.E. U.U. (Baker et al., 1944). En México, esta plaga tiene una distribución significativa en el estado de Tamaulipas, donde afecta principalmente los cultivos de cítricos (Bush, 1962; Hernández-Ortiz, 2007). La infestación de *A. ludens* comienza cuando las hembras ovipositan en los frutos, creando pequeñas perforaciones que son difíciles de detectar en las etapas iniciales. El daño inicial se produce internamente, esto reduce la capacidad de detección de las larvas en los frutos y provoca deterioro en la calidad y ocasiona la caída prematura del fruto (Vanoye-Eligio et al., 2015a; Zapata et al., 2022).

En diversos estudios se reporta que la presencia y en el grado de infestación de adultos de *A. ludens* varía dependiendo las características del fruto (Resina, contenido de savia, firmeza, resistencia mecánica, grosor y volumen de aceite de la cáscara), factores ambientales (temperatura, precipitación, humedad del suelo y

disponibilidad de frutos) y factores geográficos y biológicos (selección sexual, disponibilidad de plantas hospederas y características de los volátiles del fruto) (Eskafi, 1988; Aluja et al., 2001; Toledo et al., 2006; Birke et al., 2013; Aluja et al., 2014; Vanoye-Eligio-Eligio et al., 2015a; Guillen et al., 2017; Wilson et al., 2017; Vanoye-Eligio et al., 2022). Además, la presencia de frutos en el suelo provee un ambiente propicio para que las larvas completen su desarrollo, lo que incrementa la incidencia de infestación (Vanoye-Eligio et al., 2015b; Vanoye-Eligio et al., 2015c).

A. ludens representa una significativa amenaza económica al causar pérdidas del 30% de la producción en las regiones citrícolas de México (SEDERPA, 2025). A pesar de esa amenaza en la zona citrícola del estado de Tamaulipas existe una escasez de investigaciones que examinen cómo los factores estacionales, geográficos y la disponibilidad de hospederos afectan la presencia y la intensidad de la infestación de larvas en los frutos de distintas variedades de cítricos (Hernández-Ortiz, 2007; Birke et al., 2013; Vanoye-Eligio et al., 2015b; Vanoye-Eligio et al., 2015c). El clima es un factor importante que afecta la dinámica poblacional de muchos organismos y difiere entre taxones y regiones geográficas, por lo tanto, la especie podría comportarse de forma diferente en otros estados o regiones. Los cambios poblacionales de insectos se ven fuertemente afectados por grandes cambios oceánicos o cambios oceánicos irregulares, particularmente en las regiones influenciadas por dos índices climáticos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y la Oscilación del Atlántico Norte NAO (Pacífico y Atlántico, respectivamente). Las poblaciones de mamíferos e insectos tienden a aumentar durante las fases positivas de ENSO. Estos hallazgos indican que algunos taxones o regiones son más o menos vulnerables a las fluctuaciones climáticas y que algunas áreas geográficas muestran múltiples efectos climáticos relacionados con las fases ENSO o NAO (Wan, 2022). Stenseth et al. (2002) señalan que el clima influye en una variedad de procesos ecológicos. Estos efectos operan a través de los parámetros climáticos locales como la temperatura, el viento, la lluvia, la nieve y las corrientes oceánicas, así como las interacciones entre estos. El cambio climático, en particular el calentamiento global, está alterando los procesos biológicos de maneras inesperadas y nos obliga a

reestudiar/reanalizar los efectos de las variaciones de temperatura, entre ellas las extremas, sobre las características funcionales de los insectos, como la longevidad y la fecundidad/fertilidad (Guillen et al., 2022). Thomas, (2003) menciona que, en el noreste de México, *A. ludens* es normalmente bivoltina, aunque en algunos años puede presentar una tercera generación, y en pequeñas áreas con microclimas favorables en donde existe agua, sombra y alimento puede tener cinco o seis generaciones.

Las diferencias en la fenología de los cultivos también pueden influir en el comportamiento de las especies de *Anastrepha*. En la región citrícola de Colima, México, la sincronización entre la fructificación de mango y los picos reproductivos de *A. ludens* incrementa la infestación, un fenómeno no observado en Tamaulipas, donde los cítricos son los hospederos principales (Guillen et al., 2017; Vargas et al., 2024). En ese mismo sentido la respuesta a prácticas agrícolas locales igualmente influye. En Chiapas, México, el manejo intensivo de huertos (como podas frecuentes y riego controlado) redujo la infestación de *A. ludens*, mientras que, en Tamaulipas, la falta de esas prácticas se asocia con mayores pérdidas (Toledo et al., 2006; Vanoye-Eligio et al., 2015). Acciones de control adicionales, como la destrucción de fruta caída, la aplicación de productos químicos y la liberación de moscas estériles podría contribuir al comportamiento de la mosca de la fruta. Así como el ciclo reproductivo, la dieta principal, la migración y la dinámica poblacional del insecto (Troyo-Diéguez et al., 2006).

La escasez de información limita la efectividad de las estrategias de manejo y control de esta plaga de varias maneras. Por ejemplo, sin un entendimiento claro de cuáles variedades de cítricos son más susceptibles a *A. ludens* y en qué condiciones ambientales, es difícil desarrollar estrategias de manejo específicas y efectivas. Por eso la falta de información adecuada puede resultar en el uso indiscriminado de tratamientos químicos, que pueden ser costosos y tener impactos ambientales negativos. Por otro lado, la falta de estudios detallados sobre los patrones de infestación y los factores que los influyen limita la capacidad de implementar programas de monitoreo eficaces. Sin datos precisos, los esfuerzos de monitoreo

pueden fallar en detectar las infestaciones en momentos críticos, permitiendo que estas se desarrollen y se extiendan. Además, con una mejor comprensión de los factores específicos que afectan la infestación, se podrían optimizar los recursos para el control de plagas, dirigiendo los esfuerzos y los tratamientos a los cultivos y condiciones más vulnerables. Con la información oportuna no solo sería más eficaz, sino también más rentable para los productores. Por último, la implementación de un manejo integrado de plagas efectivo depende de una comprensión detallada de la biología de la plaga y su interacción con los cultivos.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es llenar este vacío de conocimiento determinando y comparando el nivel de infestación larval de *A. ludens* en cinco variedades de cítricos en el noreste de México. Cuya hipótesis para poner a prueba es que la susceptibilidad de las variedades de cítricos a la infestación larval de *A. ludens* está determinada por la sincronización entre el ciclo agrícola de cada variedad y los picos de actividad reproductiva de la plaga.

2.3 ANÁLISIS DE LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *Anastrepha* POR HOSPEDEROS Y MUNICIPIO EN TAMAULIPAS, MÉXICO

En México, la producción anual de cítricos es de aproximadamente nueve millones de toneladas, con un valor económico que supera los 48,647 millones de pesos (SIAP, 2023). Tamaulipas es uno de los estados con mayor producción de cítricos, alcanzando 986,505 toneladas anuales en 46,056 hectáreas (SIAP, 2023). En la última década, la producción de cítricos enfrentó problemas fitosanitarios significativos debido a los daños ocasionados por las moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Varela-Fuentes et al., 2009). Las larvas de estas moscas se alimentan de la pulpa y semillas de los frutos, causando daños directos. Además, el daño generado permite la entrada de patógenos, provoca la caída prematura y disminuyen el valor comercial de los frutos (Pieterse et al., 2024). Las especies del género

Anastrepha con mayor importancia económica se encuentran *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* (Gutiérrez-Ruelas y Santiago, 2008).

La mosca mexicana de la fruta, *A. ludens*, es una especie polífaga con distribución desde Costa Rica hasta el sur de E. E. U.U. (Hernández-Ortiz y Aluja, 1993). *Anastrepha ludens* utiliza aproximadamente 60 especies de plantas, repartidas en 14 familias como hospederos (Hernández-Ortiz, 1992). En Tamaulipas, se estudió la fluctuación poblacional de *A. ludens* en cítricos, encontrando que existe una correlación entre los picos poblacionales de esta especie y los factores climáticos como la precipitación y la temperatura (Vanoye-Eligio et al., 2015a, 2015b, 2019c). Estudios adicionales evaluaron la captura de adultos estériles y su distribución en campo, revelando que las mayores abundancias en invierno y primavera, mientras que los más bajos se observaron en verano, influenciados negativamente por la temperatura y la precipitación (Vanoye-Eligio et al., 2018, 2019a, 2019b). En otros estados como Veracruz, Michoacán y Guerrero (Tetipac) se ha reportado a *A. ludens* como la especie de mayor abundancia seguida de *A. obliqua* (Aluja et al., 2012; Montoya-Álvarez et al., 2014; Hernández-Adame et al., 2015; Rodríguez-Rodríguez et al., 2018). En ese mismo sentido en un estudio reciente en Michoacán, Vanegas-Carrillo et al. (2021) también registraron mayor captura de *A. ludens*, seguida de *A. striata* y después *A. obliqua*.

Por otro lado, *A. obliqua* es plaga principal del cultivo de mango (Hernández-Ortiz 1992, Hernández et al., 2007). En Veracruz y Guerrero (Atoyac de Álvarez), esta especie es más abundante en los meses de mayo y junio, coincidiendo con la fructificación y madurez del fruto de mango (Aluja et al., 2012, Rodríguez-Rodríguez et al., 2018). En otros países, en Brasil, *A. obliqua* se asocia a una amplia variedad de especies de plantas hospederas (Marsaro et al., 2011; Martins et al., 2019).

En el caso de *A. serpentina*, esta especie es conocida como la mosca de los zapotes, se distribuye desde el centro-sur de México hasta el norte de Argentina, prefiriendo hospederos de la familia Sapotaceae (Zucchi y Moraes, 2008, SAGARPA, 2021). En estudios realizados en Veracruz y Guerrero, reportó una baja densidad poblacional, influenciada por factores climáticos (Aluja et al., 2012, Rodríguez-

Rodríguez et al., 2018). Sin embargo, de acuerdo con (Vanoye-Eligio et al. (2015a) mencionan que la ausencia de poblaciones de moscas es principalmente debido a la menor disponibilidad de hospederos, y no por la temperatura y precipitación.

Finalmente, *A. striata*, de importancia económica por su preferencia por el cultivo de mango y guayaba (*Psidium guajava* L.), generalmente presenta densidades bajas en algunas regiones del país (González et al., 2012). Martins et al. (2019) señalan que las densidades pueden estar influidas por la competencia interespecífica y a la poca disponibilidad de hospederos preferenciales. Sin embargo, en el estado de Guerrero, esta especie se presenta en mayor abundancia en octubre y noviembre, lo cual coincide con la disponibilidad de frutos de guayaba (Rodríguez-Rodríguez et al., 2018). La Campaña Nacional de la Mosca de la Fruta (CNMF) implementa estrategias, desde 1994, de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el estado de Tamaulipas para reducir las poblaciones de las moscas del género *Anastrepha* a niveles tolerables (Gutiérrez-Ruelas y Santiago, 2008, CESAVETAM, 2020). A pesar de los esfuerzos de la campaña, el control es deficiente por la presencia de hospederos nativos como el chapote amarillo (*Casimiroa greggii* S. Watson F. Chiang) y la naranja agria (*Citrus aurantium* L.), que proporcionan un hábitat permanente para la plaga (Vanoye-Eligio et al., 2015a). Además, aunque existen estudios que exploraron la relación entre las poblaciones de las moscas del género *Anastrepha* y variables climáticas, así como su dinámica en relación con algunos cultivos y hospederos específicos, aún falta información integral que abarque cómo estas especies de moscas interactúan simultáneamente con diferentes tipos de hospederos en múltiples localidades dentro de Tamaulipas. Dado a esto, se justifica en la necesidad de generar datos precisos sobre la dinámica poblacional de las moscas del género *Anastrepha* en relación con una variedad de hospederos y municipios durante un ciclo anual. Por lo que, en el presente estudio se cuantificó la abundancia de cada especie de mosca de la fruta por tipo de planta hospedera y municipio. Así mismo, se determinó la distribución temporal de las especies del género *Anastrepha* en Tamaulipas, México.

Capítulo 3

METODOLOGÍA

3.1. Metodología del capítulo: evaluación comparativa de la infestación larval natural de *Anastrepha ludens* Loew en cinco variedades de cítricos en el noreste de México.

3.1.1 Área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en la zona citrícola ubicada en los municipios de Gómez Farías, Güémez, Hidalgo, Padilla, Llera y Victoria, Tamaulipas, México (Fig. 3). La zona citrícola de estos municipios tiene un clima predominantemente subhúmedo cálido, con una temperatura media anual que oscila entre los 22 °C y 26 °C. Las temperaturas en verano pueden superar los 35 °C, mientras que en invierno pueden descender a alrededor de 10 °C. La precipitación se concentra entre los meses de junio y octubre, siendo julio y septiembre los meses con mayor precipitación (CONAGUA, 2019; INEGI, 2020).

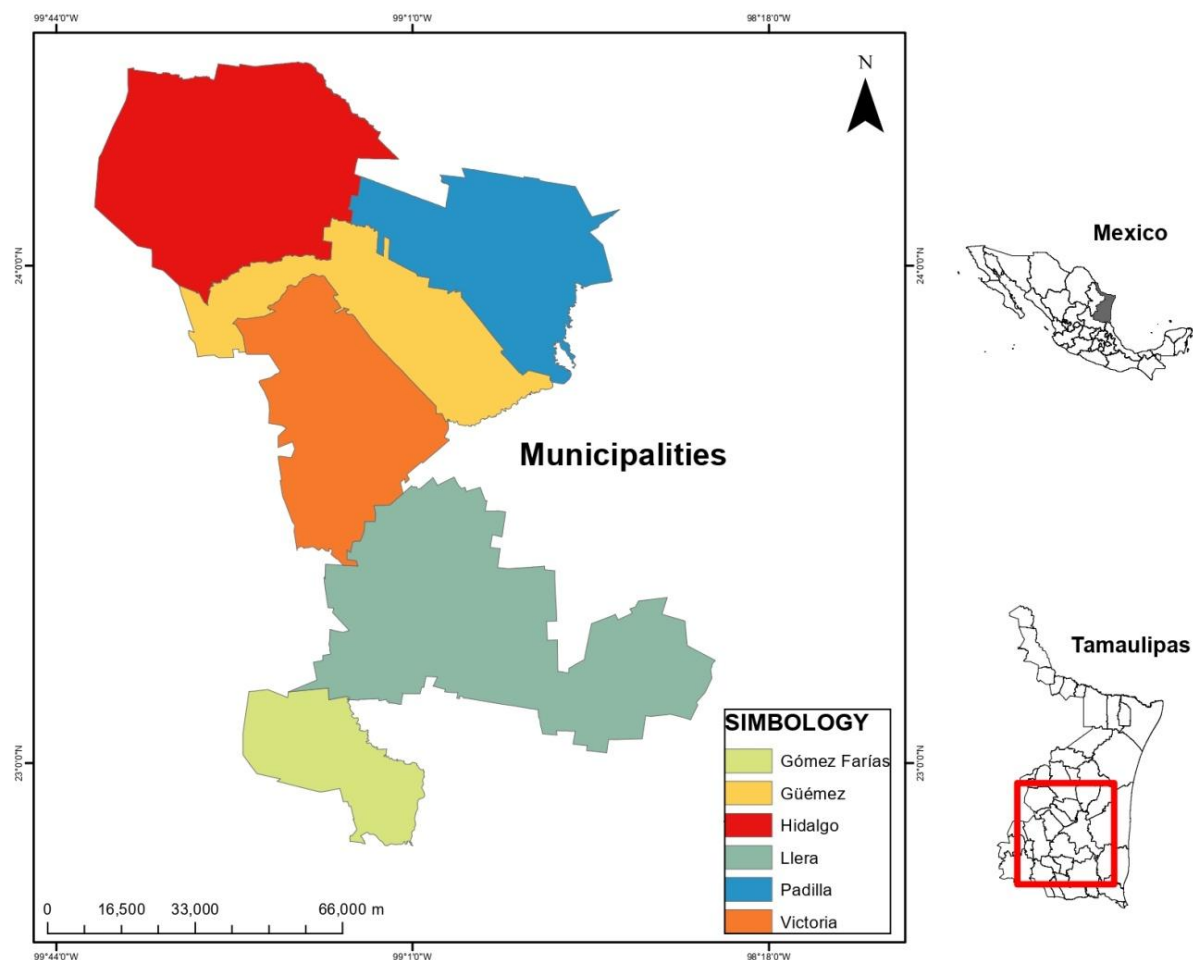


Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio en el Estado de Tamaulipas, México.

3.1.2 Variedades de cítricos.

Las larvas fueron recolectadas en los frutos de los árboles de Naranja agria (*Citrus × aurantium* L.), la cual produce frutos de sabor amargo y una cáscara rugosa y gruesa; naranja navel (*Citrus sinensis* var. *brassiliensis* Tanaka), que es una variedad dulce de naranja que se caracteriza por su distintivo "omblogo" en el extremo inferior del fruto y es una de las variedades más comunes para el consumo en fresco, debido a su sabor dulce y jugoso. Naranja temprana (*Citrus sinensis* var. *Navelina*) es similar a la naranja navel, pero esta variedad se

cosecha temprano en la temporada, de ahí su nombre y sus frutos son dulces y es más pequeña en comparación con otras variedades de naranja. La naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) es apreciada por su contenido de jugo y azúcar, la cual es una de las variedades más cultivadas y comercializadas. La toronja (*Citrus paradisi* MacFad) produce un fruto grande y redondo conocido por su sabor agridulce y ligeramente amargo. La selección se basó en características como el sabor, el tipo de cáscara, el contenido de jugo y el tamaño del fruto.

3.1.3 Muestreo de frutos.

Los frutos fueron colectados tanto del árbol como del suelo mediante un muestreo dirigido, que consistió en seleccionar frutos recién caídos o aquellos que aún permanecían en el árbol y presentaban manchas circulares amarillas, puntos necróticos y signos de maduración prematura. Se recolectaron aproximadamente 2.5 kilogramos de frutos (equivalente a entre ocho y quince frutos) por árbol hospedero, cada ocho días, durante dos periodos de muestreo: de agosto a diciembre de 2018 (otoño-invierno) y de enero a julio de 2019 (primavera-verano). Los frutos recolectados se colocaron en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Tamaulipas (CESAVETAM). En total se colectaron 613 muestras (árbol y fruto), naranja agria 118, naranja navel 121, naranja temprana 124, naranja valencia 125 y toronja 125.

3.1.4 Larvas de *A. ludens*.

Las larvas obtenidas de los frutos se colocaron en frascos para su conservación y posterior identificación taxonómica, utilizando las claves publicadas en la "Guía de identificación de las moscas de la fruta" (Trujillo y Ramírez, 2018). Además, se emplearon las claves del "Manual técnico para la identificación de moscas de la fruta" (NOM-023-FITO-1995) y el libro "Moscas de la fruta: Fundamentos y procedimientos para su manejo" (Hernández-Ortiz, 2010).

Los estadios de desarrollo de las larvas se separaron y clasificaron utilizando criterios morfológicos como el tamaño del cuerpo, la forma de la cápsula cefálica y la presencia de estructuras características de cada estadio larval. En este estudio se identificaron tres estadios larvales de *A. ludens*:

- 1) **Larva de primer estadio (L1):** se caracterizaron por tener un cuerpo de color blanquecino y una cápsula cefálica poco desarrollada. Las mandíbulas son pequeñas y su tamaño suele ser inferior a 2 mm.
- 2) **Larva de segundo estadio (L2):** midieron entre 2 y 4 mm de longitud, presentan una cápsula cefálica más definida y mandíbulas más robustas.
- 3) **Larva de tercer estadio (L3):** presentaron un tamaño superior a los 4 mm y su cuerpo es más alargado y de un color más amarillento. Las mandíbulas son prominentes y la cápsula cefálica está completamente desarrollada.

El número de larvas de *A. ludens* por kg de fruto se estimó a partir del número total de larvas presentes en los frutos dividido entre el peso total de los frutos infestados. Así mismo, se calculó el número de frutos con larvas (NFL) contando todos los frutos en los que se identificó la presencia de larvas, independientemente del número de larvas presentes en cada fruto.

Ciclo agrícola: La colecta de frutas con larvas se realizó en dos ciclos estacionales: primavera-verano y otoño-invierno. Para su inclusión en el análisis de funciones discriminantes, esta variable se transformó en una variable "dummy". De esta manera, la variable tuvo dos posibles valores: 1, que indica la presencia de larvas en una temporada específica (por ejemplo, primavera-verano), y 0, que indica la ausencia de larvas en esa misma temporada. Esta variable se representó en una sola columna, de modo que un valor de 0 implica que la muestra contenía larvas en el ciclo estacional contrario, es decir, en otoño-invierno.

Sitio de colecta. La colecta de frutas con larvas se realizó en el suelo como en el árbol. Para su inclusión en el análisis de funciones discriminantes, esta variable se transformó en una variable "dummy". De esta manera, la variable tiene dos posibles valores: 1, representa que a las larvas que se colectaron en la fruta sujeta al árbol, y 0, representa a las larvas que se colectaron de fruta que estaba en el suelo. El sitio de colecta permite entender si existe una diferencia en la infestación según la ubicación del fruto, lo cual podría influir en la implementación de estrategias de manejo de la plaga, como la recolección de frutos caídos para reducir las fuentes de infestación.

Número de larvas de *A. ludens* por kilogramo. La variable mide la densidad de infestación de larvas de *A. ludens* en los frutos de cítricos, expresada como el número de larvas encontradas por cada kilogramo de fruto recolectado.

Número de frutos con larvas (NFL). La variable representa el número de frutos que presentaron larvas de *A. ludens* al momento de la colecta, el cual se refiere al número de frutos en los que se identificó la presencia de larvas, independientemente del número de larvas presentes en cada fruto.

Estadio larvario (L1, L2 y L3) de *A. ludens*. La variable mide el número de larvas de *A. ludens* por estadio de desarrollo larval en el fruto, primer estadio (L1), segundo estadio (L2) y tercer estadio (L3). El número de larvas en cada estadio proporciona información sobre las variaciones espaciales y temporales de la dinámica de la población larval dentro de los frutos. La información obtenida permite identificar los estadios más prevalentes en diferentes variedades de cítricos y ciclos agrícolas, facilitando la planificación de intervenciones específicas y efectivas para mitigar el impacto de *A. ludens* en los cultivos

Análisis de datos.

La comparación de las variables de infestación entre variedades de cítricos se realizó con el análisis de funciones discriminantes (AFD). El AFD evalúa la relación entre la variación dentro de los grupos y entre los grupos, bajo la hipótesis nula de que la variación entre los grupos es igual (Büyükoztürk y Çokluk, 2008). Si la hipótesis nula se rechaza, se puede identificar entre qué variedades existen diferencias y cuáles son las variables que las originan. El AFD busca la mejor combinación lineal de las variables originales, creando nuevas variables conocidas como funciones discriminantes o raíces (roots), que concentran la mayor variación dentro y entre los grupos. En este estudio, se compararon cinco variedades de cítricos en función de siete variables de infestación. La interpretación del análisis se basó en las dos primeras raíces significativas, que extrajeron la mayor variación entre las variedades (Rencher, 2002). Además, se reporta el valor de Lambda de Wilks, que representa una medida de la desviación de cada grupo con respecto a la desviación total, variando entre 1 (baja capacidad discriminante) y 0 (alta capacidad discriminante) (Pozo-Díaz y Carrasco, 2005). Las comparaciones entre

variedades se obtuvieron utilizando el cociente de Fisher, reportándose su probabilidad asociada y los grados de libertad. Asimismo, se cuantificó la contribución relativa de cada variable a la discriminación de los hospederos mediante la estructura de factores, que refleja la correlación entre la variable original y la variable canónica generada (raíz) (Rencher, 2002). Finalmente, se reportó la posición canónica de la posición promedio de cada variedad en las raíces generadas en el AFD (James y McCulloch, 1990; Rencher, 2002; Karels et al., 2004). El análisis se realizó en las librerías 'candisc' y 'biotools' de la plataforma software R. La prueba que se implementó en este estudio es una generalización de AFD mediante métodos que permiten incorporar variables categóricas en su caracterización de predictores. La prueba es posible mediante la codificación de variables categóricas: transformándolas en variables dummy (binarias) (Büyüköztürk y Çokluk, 2008).

3.2 Metodología del capítulo: Análisis de la abundancia y distribución temporal de las especies del género *Anastrepha* por hospederos y municipio en Tamaulipas, México

3.2.1 Área de estudio.

El experimento se realizó en el municipio de González, Güémez, Hidalgo, Padilla, Llera de Canales y Victoria (Figura 4).

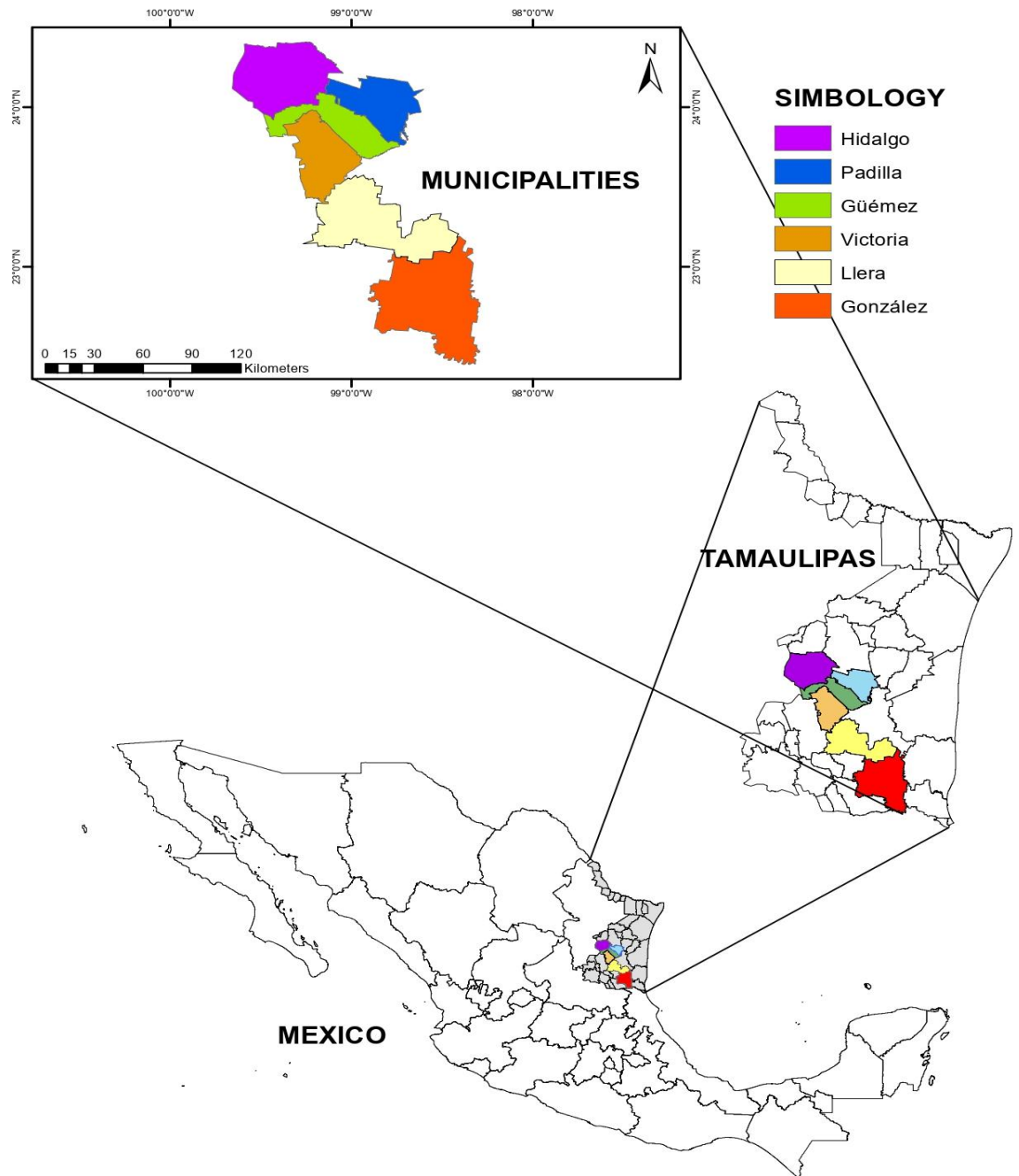


Figura 4. Localización geográfica del área de estudio en el Estado de Tamaulipas.

3.2.2 Hospederos

Las moscas del género de *Anastrepha* spp. fueron capturadas de enero a diciembre del 2018 en el cultivo de limón dulce (*Citrus limetta* Risso), mandarina murcot (*Citrus Reticulata* var. W. Murcott), mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), naranja agria (*Citrus* × *aurantium* L.), naranja navel

(*Citrus sinensis* var. *brassiliensis* Tanaka), naranja temprana (*Citrus sinensis* var. Navelina), naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck), toronja blanca (*Citrus paradisi* var. *marsh seedless*), toronja rosa (*Citrus paradisi* var. *ruby red*), toronja roja (*Citrus paradisi* var. *red blush*) y toronja (*Citrus paradisi* MacFad). Así como también, en los hospederos alternantes: almendro (*Prunus dulcis* Mill. D.A.Webb), anacahua (*Ehretia anacua* Terán & Berland. I.M. Johnst), chapote amarillo (*Casimiroa greggii* S.Watson. F. Chiang), guayaba (*Psidium guajava* L.), kumquat (*Fortunella japonica* Thunb. Swingle), mango (*Mangifera indica* L.) y mante (*Pouteria campechiana* Kunth. Baehni).

3.2.3 Muestreo de las moscas de la fruta.

Los insectos fueron capturados con trampas tipo Multilure (Better World Mfg. Inc., Fresno, California, USA). Las trampas son construidas con un recipiente amarillo con una invaginación y una tapa transparente (Figura 5). Las trampas fueron cebadas con tres pellets de proteína hidrolizada más 250 ml de agua (SENASICA, 2020). En campo, una trampa se colocó por hectárea a una separación de un kilómetro. La trampa fue colocada a $\frac{3}{4}$ de la altura del árbol en dirección a la salida del sol (SENASICA, 2020). Los árboles fueron marcados con un listón o pintura roja para ubicar a la trampa colocada. En el área de estudio, 939 trampas se colocaron en el cultivo de naranja valencia 116 en toronja roja, 74 en naranja temprana, 60 en toronja rosa, 44 en naranja navel, 28 en naranja agría, 19 en mandarina, 18 en mango, 13 en toronja Blanco, 5 en toronja, 4 en chapote amarillo y una trampa en mante, limón dulce, mandarina Murcot, kumkuat, guayaba, anacahua y almendro. La distribución del número de trampas por municipio fue de la siguiente manera en Padilla se colocaron 468, en Güémez 325, en Llera de canales 184, en Hidalgo 164, en Victoria 140 y en González 49.

Las trampas fueron revisadas y recebadas cada siete días por un año. Los adultos trampeados fueron colocados en frascos con alcohol al 70% y llevados al laboratorio.



Figura 5. Trampa tipo Multilure.

3.2.4 Identificación de adultos.

Las moscas fueron identificadas con base en las claves taxonómicas publicadas en la guía de identificación de las moscas de la fruta (Trujillo y Ramírez, 2018). Así como también, con claves publicadas en el manual técnico para la identificación de moscas de la fruta (NOM-023-FITO-1995) y en el libro “moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo” (Hernández-Ortiz, 2010).

3.2.5 Análisis estadístico.

El porcentaje de captura de cada especie del género *Anastrepha*. Además, se calculó el porcentaje de captura de cada especie en función de las plantas hospedantes y municipios. El número promedio de individuos capturados de cada especie fue sometido a un análisis de varianza (ANOVA) seguido de una prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre las especies. Previo a estos análisis, se verificó que los datos cumplieran con los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianza. Finalmente, se calculó el índice MTD (Mosca/Trampa/Día) para evaluar la densidad poblacional mensual y determinar la abundancia de cada especie a lo largo del año.

El índice fue calculado con la fórmula:

$$\frac{M}{T \times D}$$

Donde: M= al número de moscas capturadas, T= el número de trampas y D= el número de días de exposición en campo de la trampa.

Capítulo 4

RESULTADOS

Resultados del capítulo: evaluación comparativa de la infestación larval natural de *Anastrepha ludens* Loew en cinco variedades de cítricos en el noreste de México.

La variedad valencia presentó el porcentaje de clasificación más alto, con un 68.80% de las observaciones correctamente clasificadas, seguido de la naranja navel con un 57.85% y la Naranja Temprana con un 50.80%. Por otro lado, la naranja agria y la Toronja mostraron los porcentajes más bajos de clasificación correcta, con un 31.35% y un 12.80%, respectivamente (Tabla 1). Los resultados sugieren que la variedad valencia es la más distintiva en términos de las variables evaluadas, mientras que la toronja es la menos diferenciada, presentando una mayor dificultad para ser correctamente clasificada.

Tabla 1. Número de observaciones y porcentaje de muestras bien y mal clasificadas que sus valores son más similares al grupo que corresponden.

	Agria	Navel	Temprana	Toronja	Valencia	Total	% clasificación
Agria	37	34	24	4	19	118	31.35
Navel	11	70	26	10	4	121	57.85
Temprana	12	42	63	7	0	124	50.80
Toronja	10	47	31	16	21	125	12.80
Valencia	4	31	4	0	86	125	68.80

valor promedio de las variables de infestación fue estadísticamente diferente entre las variedades de cítricos ($F_{28,2171} = 17.430$; $p < 0.001$). Las comparaciones de valencia con respecto a las otras variedades presentaron valores de Wilks Lambda más bajos, lo que sugiere una mayor capacidad de discriminación de esta variedad con respecto a las otras. Las variedades fueron estadísticamente diferentes entre sí, excepto navel y la toronja (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de Fisher obtenidos de la comparación pareada entre las cinco variedades de cítricos (Grados de libertad del numerador = 7, grados de libertad del denominador=602) y su respectivo valor de probabilidad.

	Wilks	F	num DF	den DF	Pr(>F)
Agria - Navel	0.90087	9.463	7	602	3.62E-10
Agria - Temprana	0.91368	8.125	7	602	1.82E-08
Agria - Toronja	0.91469	8.021	7	602	2.46E-08
Agria - Valencia	0.71400	34.449	7	602	< 2.2e-16
Navel - Temprana	0.91159	8.341	7	602	9.65E-09
Navel - Toronja	0.96926	2.728	7	602	0.08586
Navel - Valencia	0.69582	37.594	7	602	< 2.2e-16
Temprana - Toronja	0.91436	8.055	7	602	2.23E-08
Temprana - Valencia	0.61923	52.883	7	602	< 2.2e-16
Toronja - Valencia	0.76541	26.358	7	602	< 2.2e-16

La primera raíz (Root 1) explicó una proporción significativa de la variación total entre los hospederos asociados a las larvas de *A. ludens*, representando el

78.02% de la variabilidad total (eigenvalor = 0.71452). La segunda raíz (Root 2) explicó un 14.05% adicional de la variabilidad (eigenvalor = 0.128685).

La variable con la correlación más alta con Root 1 fue el ciclo primavera-verano, con un coeficiente de correlación canónica de 0.918385, el coeficiente indica que el ciclo primavera-verano es la principal fuente de variación

Por otro lado, en Root 2, la variable con la mayor correlación fue el número de larvas por kilogramo (L/KG, Tabla 3).

Tabla 3. Valores de correlación entre las variables asociadas a las larvas y las dos primeras raíces del análisis de funciones discriminantes.

Variable	Root 1	Root 2
Primavera-Verano/Otoño-Invierno	0.918385	0.292288
Sitio de colecta (Frutos recolectados en el suelo o árbol)	-0.212071	-0.178097
Número de frutas con larvas (NFL)	-0.295528	0.557324
Estadio larval 1 (L1)	-0.043497	0.063163
Estadio larval 2 (L2)	-0.156863	0.568558
Estadio larval 3 (L3)	-0.202815	0.401898
Larvas por kilogramo (L/Kg)	-0.272457	0.762567

La infestación en naranja valencia fue más frecuente en el ciclo primavera-verano. En contraste, la naranja temprana fue más frecuente en el ciclo otoño-invierno. Las variedades navel y toronja infestadas se encontraron en ambos ciclos, pero presentaron un menor número de larvas, las cuales se encontraron en frutos colectados en el suelo. La variedad agria presentó un mayor número de larvas, especialmente en los estadios larvales 2 y 3. Además, esta variedad mostró los valores más altos de frutos con larvas (NFL) y larvas por kilogramo (L/KG), predominando también en el ciclo Otoño-Invierno (Figura 6a, b).

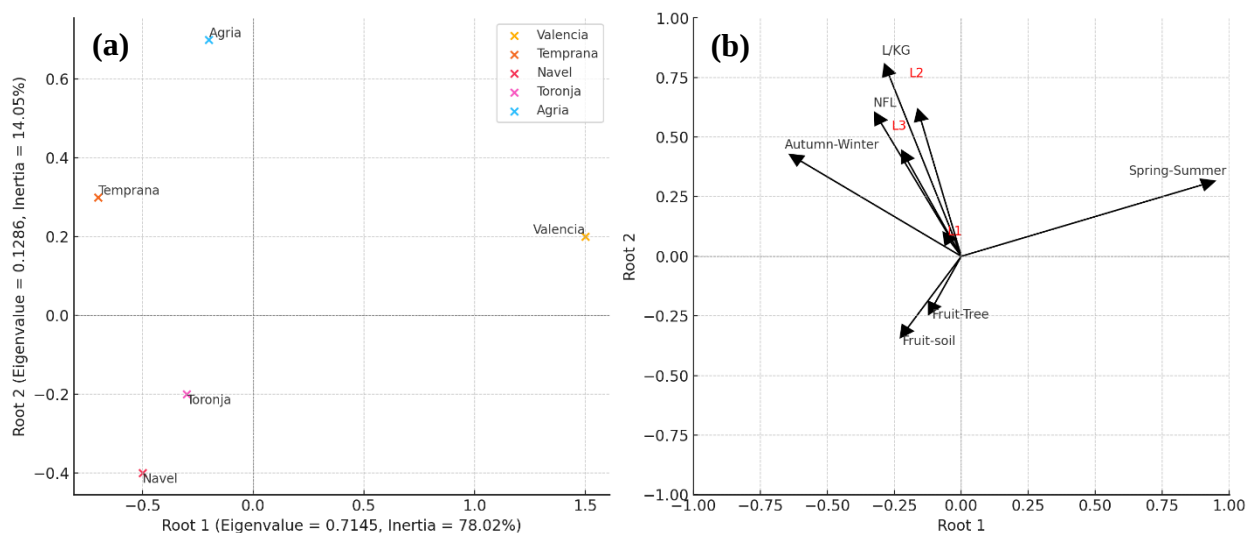


Figura 6. Análisis de funciones discriminantes. (A) Posición canónica promedio (centroides) de los hospederos de mosca de la fruta con base en las variables asociadas a las larvas y (B) valores de correlación de las variables.

Los resultados del presente estudio demuestran que la infestación entre las variedades de cítricos y la infestación larval fueron estadísticamente diferentes, el ciclo agrícola, el número de frutos con larvas (NFL) y las larvas por kilogramo de fruta fueron las variables que se relacionaron con las diferencias. Los resultados son consistentes con investigaciones previas, quienes reportaron que la influencia de factores climáticos y la disponibilidad de hospederos en la dinámica poblacional de *A. ludens* (Vanoye-Eligio et al., 2015ac; Vanoye-Eligio et al., 2017).

La variedad de naranja valencia mostró una clara asociación con el ciclo primavera-verano, Esto sugiere que los frutos de esta variedad son predominantes en estas condiciones estacionales. La mayor infestación podría estar vinculada al periodo de maduración y comercialización prolongado de la naranja valencia, que se extiende de febrero a junio (Vanoye-Eligio et al., 2019). La observación concuerda con los estudios de Vanoye-Eligio et al. (2019), que sugieren que las hembras sexualmente maduras de *A. ludens* muestran una alta actividad cuando los hospederos comerciales están disponibles.

Por otro lado, la naranja temprana, la naranja navel y la toronja mostraron una mayor relación con el ciclo otoño-invierno. La naranja temprana presentó una mayor concentración de larvas en otoño-invierno, lo cual coincide con su ciclo de producción más corto de octubre a febrero (Vargas-Tovar et al., 2024). La naranja navel y la toronja también mostraron tendencias de mayor infestación en otoño-invierno, aunque con menor intensidad en comparación con otras variedades. Este patrón sugiere que estas variedades pueden tener una resistencia natural o una menor susceptibilidad a *A. ludens* durante otros ciclos, posiblemente debido a la estructura de su cáscara y al contenido de aceites esenciales, lo cual es consistente con investigaciones que indican que estos factores pueden actuar como defensas naturales (Branco et al., 2000; Papachristos et al., 2009).

La naranja agria se destacó por tener el mayor grado de infestación larval, especialmente en los estadios L2 y L3. Aunque se cultiva en menor escala (247 hectáreas), la naranja Agria actúa como reservorio de *A. ludens*, debido a la alta infestación observada y a su uso común en traspatios con poco control químico (SIAP, 2021). Por lo que en el control de *A. ludens* se debe considerar a la naranja agria en la proliferación de *A. ludens* en la región. Además, la alta infestación en frutos colectados del suelo durante el ciclo otoño-invierno resalta la importancia de considerar a los hospederos alternos en los programas de manejo de plagas, como se sugiere en estudios de Vanoye-Eligio et al. (2017), que resaltan la influencia de los hospederos no comerciales en la abundancia poblacional temporal de *A. ludens*.

La presente investigación subraya la necesidad de adaptar las estrategias de manejo de *A. ludens* de acuerdo con la variedad de cítricos y el ciclo agrícola. Las variedades como la naranja valencia, que presentan alta infestación en primavera-verano, podrían beneficiarse de monitoreo intensivo y aplicaciones dirigidas de control durante este periodo. Por otro lado, las variedades que muestran mayor infestación en otoño-invierno, como la naranja agria y la naranja temprana, podrían requerir intervenciones específicas en este ciclo.

La infestación de *A. ludens* en los cítricos es un fenómeno inducido por varios factores que requiere estrategias adaptativas en torno a la interacción de los ciclos agrícolas, características de las variedades cítricas y los aspectos

ecológicos de la plaga. La incorporación de información sobre las fluctuaciones estacionales, el manejo de frutos caídos y la selección de variedades resistentes son fundamentales para optimizar el control y disminuir pérdidas económicas en la región citrícola de Tamaulipas.

Resultados del capítulo: Análisis de la abundancia y distribución temporal de las especies del género *Anastrepha* por hospederos y municipio en Tamaulipas, México.

En total, se capturaron 19,064 adultos de moscas del género *Anastrepha spp.* en el área de estudio. El 97.99% de los adultos registrados correspondieron a *A. ludens* (n=18681), seguido de *A. obliqua* con el 1.31% (n=250), *A. serpentina* con el 0.59% (n=112) y *A. striata* con el 0.11% (n=21). Las cuatro especies fueron más frecuentes de capturar en el cultivo de naranja valencia, que representó el 68.03% de las capturas totales. *Anastrepha ludens* también mostró una segunda preferencia por la naranja temprana, con un 10.65% de capturas en este cultivo. Por su parte, *A. obliqua* presentó su mayor afinidad, después de la naranja valencia, por el cultivo de mango, donde se capturaron 63 individuos, lo que representa el 0.33% del total de capturas. En cuanto a los hospederos alternantes no cultivados, *A. ludens* fue la única especie registrada con dos individuos capturados en chapote amarillo y un individuo en Kumquat y limón dulce. No se registraron capturas en otros hospederos alternantes no cultivados como Almendro, *Anacahuita* y guayaba (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución de las especies del género *Anastrepha* por tipo de planta hospedera.

Hospederos	A. <i>ludens</i>	A. <i>oblicua</i>	A. <i>serpentina</i>	A. <i>striata</i>	Porcentaje (%)
Naranja valencia	12804	105	47	14	68.03
Naranja	1987	11	33	0	10.65
Toronja roja	1367	15	15	0	7.33
Naranja navel	1082	17	8	3	5.82
Toronja rosa	913	5	5	1	4.85
Mandarina	198	4	1	0	1.06
Mango	73	63	0	0	0.71
Toronja blanca	110	17	0	2	0.68
Naranja agria	108	12	3	1	0.65
Mandarina	24	0	0	0	0.13
Mante	5	1	0	0	0.03
Toronja	6	0	0	0	0.03
Chapote amarillo	2	0	0	0	0.01
Kumquat	1	0	0	0	0.01
Limón dulce	1	0	0	0	0.01
Almendro	0	0	0	0	0.00
Anacahua	0	0	0	0	0.00
Guayaba	0	0	0	0	0.00
Total	18681	250	112	21	100.0

El número mayor de adultos de moscas del género *Anastrepha spp.* se registró en el municipio de Güémez, con 5,695 individuos (29.87%), seguido del municipio de Padilla, con 4,860 individuos (25.49%) y Llera de Canales, con 3,499 individuos (18.35%). Otros municipios con capturas significativas incluyen Hidalgo,

con 2,875 individuos (15.08%) y Victoria, con 2,086 individuos (10.94%). En contraste, el municipio de González presentó la menor cantidad de capturas, con solo 49 individuos (0.26%).

El número promedio de insectos entre las especies de *Anastrepha* ($F = 12.65$, $p = <0.0001$) fue estadísticamente significativo. *A. ludens* presentó un promedio de captura significativamente mayor (MEDIA=2.341) en comparación con las otras especies. En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de captura de *A. obliqua* (MEDIA=1.381), *A. serpentina* (MEDIA=1.047) y *A. striata* (MEDIA=1).

De las cuatro especies de *Anastrepha* identificadas (Figura 2), *A. ludens* mostró los valores de MTD más altos en octubre (0.0395), marzo (0.0372) y diciembre (0.0201). Los resultados indican una variabilidad estacional marcada, con incrementos notables en los meses de septiembre a diciembre (otoño-invierno). Por otro lado, los valores más bajos para *A. ludens* se registraron en los meses de junio (0.0027), julio (0.0014) y agosto (0.0008), sugiriendo una disminución significativa durante los meses de verano. En contraste, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* presentaron consistentemente valores de MTD bajos, entre 0.0006 y 0.0000, lo cual indica que estas especies tienen una presencia estadísticamente insignificante en comparación con *A. ludens* en el área de estudio.

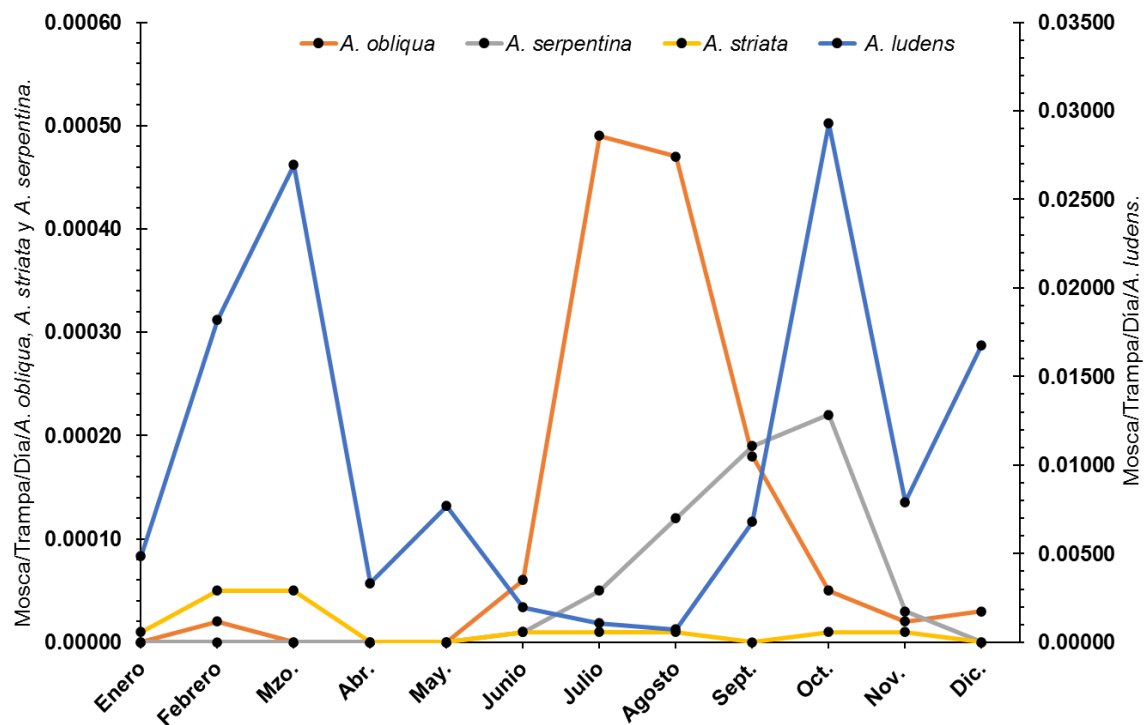


Figura 7. Abundancia temporal de adultos del género *Anastrepha* en los municipios de Güémez, Padilla, Llera de Canales, Hidalgo, Victoria y González, Tamaulipas.

En Tamaulipas, se desconocía la selección diferencial por hospederos de las especies de las moscas del género *Anastrepha* spp., ya que solo se había estudiado a la especie *A. ludens* (Vanoye-Eligio et al., 2015a, 2015b, Vanoye-Eligio et al., 2018, Vanoye-Eligio et al., 2019c). En el presente trabajo se estudiaron las especies de mayor importancia económica *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata*. La especie con el mayor número de adultos capturados fue *A. ludens*, seguida de *A. obliqua*, lo cual es similar a lo reportado por Aluja et al. (2012) en la localidad de Martínez de la Torre, Veracruz; por Montoya-Álvarez et al. (2014) en Terán, Michoacán; y a lo reportado por Hernández-Adame et al. (2015) en Tequicarán, Gabriel Zamora, Michoacán. En los tres casos *A. ludens* fue la especie más abundante con un 95.5%, seguida de *A. obliqua* con 4.2%, con preferencia por los hospederos de mango criollo y ciruela. En Campeche Tucuch-Cauich et al. (2008) también reportan que *A. ludens* como la especie más

abundante en cultivo de mango y naranja dulce durante el período de fructificación. Situación que difiere en los municipios de Tetipac y Atoyac de Álvarez, Guerrero, donde Rodríguez-Rodríguez et al. (2018), identificaron 11 especies y *A. ludens* fue la especie más abundante en Tetipac con un 41,29%, seguida por *A. striata* (32,44%) y *A. oblicua* (20,92%). Mientras que en Atoyac de Álvarez *A. oblicua* fue la especie más abundante con un 90,67%, seguida por *A. striata* (6,7%). En ese mismo sentido en un estudio reciente en Michoacán, Vanegas-Carrillo et al. (2021) también registraron mayor captura de *A. ludens*, seguida de *A. striata* y después *A. oblicua*, reporte similar a lo encontrado en el municipio de Tetipac, Guerrero.

La abundancia de *A. ludens* puede estar relacionada con la alta producción de naranja valencia en Tamaulipas (Vanoye-Eligio et al., 2019b). El estado reporta alrededor de 33,668.46 hectáreas cultivadas (SEDER 2018), lo cual se traduce en una mayor disponibilidad de alimento, refugio y sitios de oviposición para las moscas del género *Anastrepha* spp interpretar en función de la superficie cultivada. De acuerdo con Medina et al. (2007) los frutos de naranja valencia contienen una gran cantidad de jugo. De modo que las moscas con recursos óptimos su dispersión es baja, sólo lo hacen cuando carecen de sus recursos vitales (Montoya et al., 2010). No obstante, algunas especies de este género tal como *A. ludens* son polífagas (Loera, 2017), se caracterizan por tener un mayor grado de adaptación a elevaciones mayores a 900 msnm (Hernández-Ortiz, 1992) y tienen la capacidad de modificar su preferencia alimenticia en función de la disponibilidad del hospedero (Hernández-Ortiz, 1992), por lo que su rango de distribución es más amplio. Sin embargo, los brotes de las moscas de la fruta en Tamaulipas también se relacionan a las áreas extensas de otros cítricos, asociadas con la mayor disponibilidad de hospedantes comerciales como toronja y mandarina (Vanoye-Eligio et al., 2019b).

Otra posible razón de la abundancia observada de *A. ludens*, se puede deber a que los nutrientes esenciales que necesitan para su reproducción los pueden obtener más fácilmente de la pulpa de la naranja en comparación con otros cultivos cítricos y hospederos alternantes. Sin embargo, es una hipótesis que debería ser comprobada con un estudio, ya que el néctar o jugos de fruta en

moscas del género *Anastrepha* y *Ceratitis* son fuentes naturales importantes de alimentación para la producción de huevos (Liedo et al., 2020). Amoros (1995), explica que la fruta del cultivo de naranjo dulce tiene una mejor calidad bajo clima subtropical, ya que la variación entre las temperaturas del día y de la noche promueven la formación de ácidos, mejorando así su sabor. Posiblemente esta sea otra explicación de la mayor preferencia por la naranja valencia.

Por otra parte, el bajo nivel de abundancia de *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* puede estar relacionado a la competencia interespecífica y a la poca disponibilidad de hospederos preferenciales (Martins et al., 2019). *A. obliqua* prefiere ovipositar en secciones de fruta, donde las condiciones ambientales y químicas de la fruta son óptimas para el desarrollo de huevos y larvas. Pueden evitar ovipositar en frutos con ciertas características químicas, como los bajos niveles de ácido abscísico, lo que limita las oportunidades de reproducción y, por ende, su abundancia (Guillén et al., 2022).

Los hospederos alternantes fueron menos preferentes por las especies de *Anastrepha*, ya que no aportaron una abundancia alta de individuos de moscas, posiblemente esto se deba a las sustancias químicas que las plantas producen como mecanismo de defensa y repelencia, así como a sus características nutricionales (Ruiz-Montoya et al., 2020), por lo que sería importante realizar estudios en ese sentido. Además, de acuerdo con Aluja et al. (2020) la calidad de las feromonas sexuales podría verse afectadas por la dieta de las larvas y adultos, ya que los compuestos químicos se sintetizan principalmente en base con los metabolitos tomados de las plantas hospederas y esto a su vez podría afectar el éxito del apareamiento (Henneken et al., 2017) y por lo tanto el incremento de las poblaciones.

En este mismo sentido, Hernández-Adame et al. (2015), señalan que la disponibilidad de frutos hospederos es el factor que más impacta en el tamaño poblacional de las moscas de la fruta, principalmente en los ambientes tropicales. Las condiciones ambientales del clima tropical de la región citrícola en Tamaulipas promueven la presencia común de hospederos en patios traseros como el mango y naranja agria los cuales funcionan como reservorios (Vanoye-Eligio et al., 2015a) y mantienen presentes a las poblaciones de moscas. Sin embargo, aunque las

poblaciones de moscas del género *Anastrepha* estén presentes, la severidad con la que atacan a un cultivo es variable, esto debido a que el ciclo de vida de cada especie se ve influenciado por las condiciones agroecológicas de cada región, tales como: temperatura, humedad, precipitación, vegetación nativa, sustrato de oviposición y de pupación, enemigos naturales, así como la disponibilidad de alimento (Aluja, 1993; Hernández-Ortiz y Aluja, 1993).

Por otro lado, *A. ludens* presentó las mayores abundancias en el mes de octubre (MTD=0.0395), marzo (MTD=0.0372) y febrero (MTD=0.0242); lo cual coincide con lo reportado por Aluja et al. (2012) para el mes de marzo, en Veracruz de mayo a junio. En este mismo sentido, en un estudio realizado en Terán, Michoacán, por Montoya-Álvarez et al. (2014) *A. ludens* presentó el pico más alto en el mes de febrero (MTD=1.6000). Así mismo, en Tetipac, Guerrero los picos poblacionales más altos los presentó *A. ludens* en marzo y agosto (Rodríguez-Rodríguez et al., 2018) con valores de MTD superiores a 0.0200. Mientras que, en la región de Santa Engracia, Tamaulipas (la cual forma parte de los municipios de Hidalgo y Güémez), Vanoye-Eligio et al., (2015a) *A. ludens* registró sus picos más altos en los meses de febrero y marzo, muy similar a lo encontrado en la presente investigación. En otro estudio realizado en Llera de canales, Tamaulipas, observaron las densidades de población más altas de *A. ludens*, en el período de enero a abril, particularmente en marzo a principios de primavera, lo que se relaciona con la mayor producción de cítricos en el estado, por la maduración de naranja valencia (Vanoye-Eligio et al., 2015b, Vanoye-Eligio et al., 2019b); situación que refleja un comportamiento similar a lo encontrado en este estudio. El pico poblacional más alto reflejado en el mes de octubre por *A. ludens*, coincide con la época de madurez fisiológica del fruto y madurez de cosecha de los cultivos cítricos de naranja y toronja, así como con la presencia de lluvias. Vanoye-Eligio et al. (2015a), mencionan que la precipitación no parece influir de manera directa en el tamaño poblacional.

Para el mes de marzo, el pico poblacional de *A. ludens* puede estar relacionado con los hospederos presentes durante todo el año como la naranja valencia (*C. sinensis*) y toronja roja (*Citrus paradisi* var. *red blush*). Por el contrario, la reducción de la población de junio a agosto puede estar relacionada

con las fechas del término de la producción, y con una menor disponibilidad de hospedantes comerciales (Vanoye-Eligio et al., 2019b, 2019c), ya que los meses que presentaron las poblaciones más bajas coinciden con la etapa de floración, el desarrollo del fruto y con el periodo de secas. También se sabe que algunos productores del sector privado mantienen la fruta de naranja valencia en el árbol, intentando obtener mejores precios. Sin embargo, los residuos de la cosecha representan una fuente de infestación local (Vanoye-Eligio et al., 2015b).

Otro aspecto importante a mencionar es que durante los meses de junio, julio y agosto que coinciden con la fructificación y madurez de su hospedero alternante nativo, el chapote amarillo las poblaciones de *A. ludens* son las más bajas; para posteriormente en el siguiente mes de septiembre subir el pico poblacional hasta alcanzar el pico más alto en el mes de octubre, lo anterior reforzaría la idea de que el chapote amarillo funciona como reservorio de las moscas, para después reintroducir poblaciones de *A. ludens* a las huertas comerciales. También en ocasiones las moscas de la fruta se mantienen en otros frutales de traspatio en espera de las condiciones óptimas para aumentar su población (Hernández y Luna, 2013). En este sentido, la escasez del chapote amarillo en el sur de Tamaulipas es una ventaja con respecto a las áreas de cítricos ubicadas en el centro del Estado, por lo tanto, en la región citrícola del municipio de Llera de canales, hay menos probabilidad de movimiento de moscas de la fruta desde el medio silvestre a las áreas de cítricos más cercanas (Vanoye-Eligio et al., 2015b). De igual forma otra posible explicación de las bajas poblaciones de *A. ludens* en Tamaulipas durante esos meses, es que posiblemente el árbol hospedero de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.), también podría funcionar como reservorio, tal como lo señala Vanegas-Carrillo et al. (2021) en Michoacán, por lo que, en las siguientes investigaciones, se sugiere ampliar el rango de hospederos que pudieran estar funcionando como reservorios.

Por otra parte, *A. oblicua* presentó una población muy baja (MTD=0.000) en los primeros meses de enero a mayo y se incrementa ligeramente en junio, alcanzando el mayor pico poblacional en el mes de agosto (MTD=0.0006), para luego descender en septiembre hasta llegar a cero nuevamente en diciembre. Lo anterior coincide con lo reportado por Montoya-Álvarez et al. (2014), donde *A.*

obliqua presentó su pico poblacional más alto en agosto (MTD=0.4000). Esto se puede relacionar también con el periodo de madurez fisiológica y madurez de cosecha, principalmente de naranjas y toronjas. Del mismo modo, en un estudio de Tucuch-Cauich (2008) las poblaciones de *A. obliqua* en mango y naranja dulce, tuvieron comportamiento similar con una ausencia total desde enero a junio, para incrementarse considerablemente a partir de julio en ambos cultivos. Otro punto importante es que los picos poblacionales más altos presentados en este estudio, por *A. obliqua* en julio y agosto coinciden con la época de secas. Lo anterior difiere de lo reportado por Aluja et al. (2012), ya que ellos reportan los picos poblacionales más altos en mayo y junio; diferente también a lo reportado por Rodríguez-Rodríguez et al. (2018) en Tetipac Guerrero, quienes mencionan que *A. obliqua* presentó los picos poblacionales más altos en los meses de septiembre y octubre con un MTD superior a 0.0150, mientras que en Atoyac de Álvarez presentó los picos más altos en mayo y agosto con valores superiores a 0.0040, coincidiendo este último mes con el de la presente investigación. Por otra parte, Marsaro et al. (2011) reportan en Brasil a *Anastrepha obliqua* como la especie polífaga más abundante, asociada a 12 especies de plantas hospederas, superior a lo reportado en este estudio con la presencia en 10 especies (Cuadro 3). Otro punto importante es que en algunos estudios reportan a *A. obliqua* en el hospedero jobo (Marsaro et al., 2011, Rodríguez-Rodríguez et al., 2018, Martins et al., 2019); el jobo es una especie silvestre también encontrada en los campos de Tamaulipas, pero no considerada en el presente estudio, por lo que sería importante tomarla en cuenta en una siguiente investigación, ya que podría estar funcionando como reservorio de adultos de *Anastrepha* spp. Así mismo, en el presente estudio se encontró correlación significativa entre *A. obliqua* y la temperatura en Padilla y la evaporación en Padilla y Victoria.

Con respecto a *A. serpentina*, esta especie presentó una baja densidad de enero a mayo, en junio inició con un ligero incremento de población hasta alcanzar sus mayores picos poblacionales en septiembre y octubre, por lo que se encuentra en la categoría fitosanitaria de baja prevalencia. Lo anterior difiere a lo reportado por Aluja et al. (2012), ya que encontraron los mayores picos poblacionales en mayo y agosto; Rodríguez-Rodríguez et al. (2018) reportaron las poblaciones más

bajas de *A. serpentina* en Tetipac, Guerrero, de 11 especies capturadas, con valores de MTD menores a 0.0100. Los meses de mayor densidad poblacional de *A. serpentina* en el presente estudio coinciden con el periodo de lluvias y con el pico más alto presentado por *A. ludens*; esto se relaciona con la etapa de madurez fisiológica y madurez de cosecha del hospedero preferencial, naranja valencia y naranja temprana. Los resultados son similares a los presentados por Tucuch-Cauich et al. (2008) donde asociaron las altas poblaciones de *A. ludens* y *A. serpentina* con la etapa de fructificación y reportaron correlación de las especies con la precipitación. Por otra parte, Gonzáles et al. (2012) menciona que también la temperatura puede explicar la fluctuación poblacional de *A. serpentina*, sin embargo, en este trabajo no se analizó dicha correlación.

Contrario a lo reflejado en las tres primeras especies, *A. striata* presentó la población más baja (MTD=0.0000), los picos poblacionales se elevaron un poco en enero, febrero y marzo, de los cuales enero y febrero coinciden con el periodo de secas. Resultados que difieren de lo analizado por Rodríguez-Rodríguez et al. (2018), en Tetipac, Guerrero, ya que ellos reportan que los picos poblacionales más altos de *A. striata* son en noviembre y octubre con valores de MTD superiores a 0.0200, mientras que en Atoyac obtuvieron valores muy bajos de MTD menores a 0.0100. El bajo nivel de abundancia de *A. striata* puede deberse a que está prácticamente controlada y a la ausencia de su hospedero preferencial, la guayaba (CESAVEM, 2015; Martins et al., 2019); mientras que los hospederos presentes en mayor abundancia en este estudio fueron los cítricos, así como por la competencia local con otras especies.

Cabe señalar que la diferencia entre los tamaños de las poblaciones de *Anastrepha* spp., podría estar relacionada también a la presencia de enemigos naturales, por lo que sería importante realizar estudios en ese sentido, ya que Aluja et al. (2012) mencionan que el tamaño poblacional de las moscas puede sufrir cambios en función de la actividad de los parasitoides.

Se sugiere también, realizar un estudio de comportamiento espacial de las poblaciones de las cuatro especies de mosca de la fruta en los cultivos de cítricos en Tamaulipas, para conocer el tipo de distribución que presentan, similar a lo realizado por Vanegas-Carrillo et al. (2021) en Michoacán, quienes generaron

mapas, para visualizar los focos de infestación lo que permitirá sugerir un manejo con mejor precisión y al mismo tiempo disminuir las poblaciones aplicando y redirigiendo medidas de control hacia los puntos específicos en los que se encuentra la plaga, evitando así, aplicaciones de cobertura total para tener un ahorro de insumos. Además, otra ventaja de no aplicar plaguicidas en toda la superficie del cultivo es que se reduce la presión de selección y con ello se retrasa la resistencia en los insectos a los plaguicidas (Bisset, 2002), debido a la creación de refugios temporales dinámicos creados intencionalmente que evita que una parte de la población sea tratada (Vanegas-Carrillo et al., 2021).

La jerarquía de abundancia fue *A. ludens* > *A. obliqua* > *A. striata* > *A. serpentina*. Las cuatro especies fueron más frecuentes de coleccionar en la naranja valencia (*Citrus sinensis*). *Anastrepha ludens* fue más frecuente en la naranja temprana y *A. obliqua* mostró afinidad por el mango. Los meses de octubre, marzo y febrero fue cuando se presentó la mayor abundancia de *A. ludens*, donde los dos primeros meses coinciden con el periodo de lluvias. Mientras que, *A. obliqua* presentó sus picos poblacionales más altos en el periodo de estiaje (julio y agosto). Las otras dos especies presentaron valores poblacionales bajos. Este estudio puede ser útil en la práctica, ya que se generó información base como referencia, para el diseño de estrategias de control de la mosca de la fruta en la región citrícola de González, Güémez, Hidalgo, Padilla, Llera de canales y Victoria, Tamaulipas.

Capítulo 5

CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES

El estudio demuestra que la fluctuación poblacional de *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina* y *A. striata* está influenciada por la disponibilidad de hospederos y los ciclos agrícolas. *Anastrepha ludens* fue la especie más abundante de adultos en la variedad de naranja valencia, esto debido a que es el hospedero cítrico con mayor superficie cultivada en el estado de Tamaulipas. Sin embargo, esto también sucedió con las otras tres especies. La naranja agria y otros hospederos alternantes son reservorios durante el otoño-invierno, tiempo en que las variedades cítricas maduran y están listas para que las moscas re-infesten y ovipositen sus huevecillos.

La mayor infestación se registró en la naranja agria, ya que se encuentra en patios traseros o en las periferias de los cultivos comerciales y no se le da el manejo correspondiente. Los resultados pueden permitir optimizar las estrategias de manejo integrado de plagas en la región citrícola de Tamaulipas, ya que permiten reevaluar, redirigir y reforzar los esfuerzos de control hacia las variedades objetivo y periodos más vulnerables.

El estudio resalta la necesidad de considerar un rango más amplio de los hospederos no comerciales y la importancia de implementar programas de monitoreo y control en zonas específicas donde las moscas de la fruta son más

prevalentes como en los municipios de Güémez, Padilla y Llera de canales. Las estrategias deben ser adaptadas a las condiciones locales para aumentar la eficiencia de las medidas implementadas, reducir la infestación y minimizar los daños económicos en la producción de cítricos en Tamaulipas. En ese mismo sentido, se requiere de un estudio amplio que abarque variables climáticas, biológicas y ecológicas para incrementar la cobertura y la exploración de diferentes condiciones que permitan profundizar en el conocimiento del comportamiento de las moscas del género *Anastrepha* y a su vez permita entender la interacción entre las especies de moscas de la fruta, sus hospederos y las condiciones ambientales.

REFERENCIAS

- Aluja, S. M. y Magan, R. L. (2008). Fruit fly (Diptera:Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annual Review Entomology*. 53: 473-502.
- Aluja, M. (1993). *Manejo Integrado de la Mosca de la Fruta*. Editorial Trillas, México, D. F. 251 p.
- Aluja, M. (1994). Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annual Review Entomology*. 39:155-178.
- Aluja, M. (1999). *Manejo Integrado de Moscas de la Fruta*. Editorial Trillas, México.
- Aluja, M. (2003). Nonhost status of *Citrus sinensis* cultivar Valencia and *C. paradisi* cultivar Ruby Red to Mexican *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 96: 1693-1698. <https://doi.org/10.1093/jee/96.6.1693>
- Aluja, M., Arredondo, J., Díaz-Fleischer, F., Birke, A., Rull, J., Niogret, J. y Epsky, N. (2014). Susceptibility of 15 mango (Sapindales: Anacardiaceae) cultivars to the attack by *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) and the role of underdeveloped fruit as pest reservoirs: Management implications. *Journal of Economic Entomology*. 107: 375-388. <https://doi.org/10.1603/EC13045>
- Aluja, M., Arredondo, J., Díaz-Fleischer, F., Birke, A., Rull, J., Niogret, J. y Epsky, N. (2014). Susceptibility of 15 mango (Sapindales: Anacardiaceae) cultivars to the attack by *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) and the role of underdeveloped fruit as pest reservoirs: Management implications. *Journal of Economic Entomology*, 107(1), 375-388. <https://doi.org/10.1603/EC13045>
- Aluja, M., Díaz-Fleischer, F., Papaj, D., Lagunes, G. y Sivinski, J. (2001). Effects of age, diet, female density, and the host resource on egg load in *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*. 47:975-988. [https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(01\)00072-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(01)00072-5)
- Aluja, M., Cabagne, G., Altúzar-Molina, A., Pascacio-Villafán, C., Enciso, E. y Guillén, L. (2020). Host plant and antibiotic effects on scent bouquet

- composition of *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* calling males, two polyphagous tephritid pests. *Insects*. 11: 309.
<https://doi.org/10.3390/insects11050309>
- Aluja, M., Ordano, M., Guillén, L. y J. Rull. (2012). Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for areawide management. *Journal of Economic Entomology*. 125: 823-836.
<https://doi.org/10.1603/EC11353>
- Aluja, M., Ordano, M., Guillén, L. y J. Rull. (2012). Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for areawide management. *Journal of Economic Entomology*. 105: 823-836.
<https://doi.org/10.1603/EC11353>
- Aluja, M., Norrbom, A. L. y Hernández-Ortiz, V. (2015). *Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior*. CRC Press.
- Aluja, M., Piñero, J., López, M., Ruíz, C., Zúñiga, A., Piedra, E., Díaz-Fleischer, F. y Sivinski J. 2000. New host plant and distribution records in Mexico for *Anastrepha* spp., *Toxotrypana curvicauda* Gerstaecker, *Rhagoletis zoqui* Bush, *Rhagoletis* sp., and *Hexachaeta* sp. (Diptera: Tephritidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 102: 802- 815.
- Amoros, C. M. (1995). Producción de agrios. Ed. Mundi-Prensa, España. 174 p.
- Baker, A.C., Stone, W.E., Plummer, C.C. y McPhail, M. (1944). A review of studies on the Mexican Fruit fly and related Mexican species. U.S.D.A. *Miscellaneous Publications*. 531, 155 pp.
- Birke, A., Guillén, L., Midgarden, D. y Aluja, M. (2013). Fruit flies, *Anastrepha ludens* (Loew), *A. obliqua* (Macquart) and *A. grandis* (Macquart) (Diptera: Tephritidae): three pestiferous tropical fruit flies that could potentially expand their range to temperate areas. JE Peña (ed.), *Potential Invasive Pests*. CAB International, Wallingford, UK, 192-213.
- Birke, A., Guillén, L., Midgarden, D. y Aluja, M. (2013). Fruit flies *Anastrepha ludens* (Loew), *A. obliqua* (Macquart) and *A. grandis* (Macquart) (Diptera: Tephritidae): three pestiferous tropical fruit flies that could potentially expand their range to temperate areas. En J. Peña (Ed.), *Potential Invasive Pests of*

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9781845938291.0192>

- Bisset, J. A. (2002). Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. *Cubana de Medicina Tropical*. 54, 202-219. (Último acceso 03 septiembre 2025). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602002000300005&lng=es&tlng=es
- Branco, E. S., Vendramim, J. D. y Denardi, F. (2000). Resistance to the fruit flies in fruit trees. In A. Malavasi y R. A. Zucchi (Eds.), *Fruit flies of economic importance: From basic to applied knowledge* (pp. 161-168). Ribeirão Preto: Holos.
- Bush, G. L. (1962). The cytotaxonomy of the larvae of some Mexican fruit flies in the genus *Anastrepha* (Tephritidae, Diptera). *Psyche: A Journal of Entomology*. 69: 87-101. <https://doi.org/10.1155/1962/20495>
- Büyüköztürk, Ş. y Çokluk B. Ö. (2008). Discriminant Function Analysis: Concept and Application. *Eurasian Journal of Educational Research*. 8:73-92. https://www.researchgate.net/publication/285771507_Discriminant_Function_Analysis_Concept_and_Application
- Castrignanò, A., Boccaccio, L., Cohen, Y., Nestel, D., Kounatidis, I., Papadopoulos, N.T. y Mavragani-Tsipidou, P. (2012). Spatiotemporal population dynamics and area-wide delineation of *Bactrocera oleae* monitoring zones using multi-variate geostatistics. *Precision Agriculture* 13: 421–441.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2019). *Estadísticas del agua en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Impreso y hecho en México. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua>
- Conde-Blanco, E. A., Loza-Murguía, M. G., Asturizaga-Aruquipa, L. B., Ugarte-Anaya, D. y Jiménez-Espinoza, R. (2018). Modelo de fluctuación poblacional de moscas de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann 1824) y *Anastrepha* spp., (Diptera: Tephritidae) en dos rutas en el municipio de Caranavi, Bolivia. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 9: 3-24.

- Eskafi, F. (1988). Infestation of citrus by *Anastrepha* spp. and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in high coastal plains of Guatemala. *Environmental Entomology*. 17: 52-58. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.52>
- Flores, S., Montoya, P., Villaseñor, A., Valle, A., Enkerlin, W. y Liedo P. (2016). Population fluctuation of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) as a function of altitude in eastern Guatemala. *Environmental Entomology*. 45: 802–811.
- González, M., Loza-Murguía, M., Hugh, S., Cuba, N., Almanza, J. C. y M. Ruiz. (2012). Dinámica poblacional de adultos de la mosca boliviana de la fruta *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae) en el Municipio de Coroico, Departamento de La Paz, Bolivia. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 9: 2-24.
- Guillén, L., Adaime, R., Birke, A., Velázquez, O., Angeles, G., Ortega, F., Ruiz, E. y Aluja, M. (2017). Effect of resin ducts and sap content on infestation and development of immature stages of *Anastrepha obliqua* and *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) in four mango (Sapindales: Anacardiaceae) cultivars. *Journal of Economic Entomology*. 110: 719-730. <https://doi.org/10.1093/jee/tow279>
- Guillén, L., Aluja, M., Equihua, M. y Sivinski, J. (2002). Performance of two fruit fly (Diptera: Tephritidae) pupal parasitoids (*Coptera haywardi* [Hymenoptera: Diapriidae] and *Pachycrepoideus vindemmiae* [Hymenoptera: Pteromalidae]) under different environmental soil conditions. *Biological Control*. 23:219-227. <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.1011>
- Guillén, L., Monribot-Villanueva, J.L., Guerrero-Analco, J.A., Ortega, R., Altúzar-Molina, A., Mena, V., Ruiz-May, E. y Aluja, M. (2022). Influence of Sunlight Incidence and Fruit Chemical Features on Oviposition Site Selection in Mango by *Anastrepha obliqua*: Implications for Management. *Insects*. 13: 141. <https://doi.org/10.3390/insects13020141>
- Guillen, L., Pascacio-Villafán, C., Osorio-Paz, I., Ortega-Casas, R., Enciso-Ortiz, E., Altúzar-Molina, A., Velázquez, O. y Aluja, M. (2022). Coping with global warming: Adult thermal thresholds in four pestiferous *Anastrepha* species determined under experimental laboratory conditions and development/survival times of immatures and adults under natural field

- conditions. *Frontiers in Physiology* Sección *Invertebrate Physiology*. 13. 991923 <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.991923>
- Gutiérrez-Ruelas, J. M. y G. Santiago. (2008). Situación actual de la campaña nacional contra moscas de la fruta en México. In: P. J. Montoya, F. Díaz, and S. Flores (Eds.). *Memorias de la Séptima Reunión del Grupo de Trabajo en Moscas de la Fruta del Hemisferio Occidental*. Noviembre 2-7, Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 11-13.
- Gutiérrez-Ruelas, J. M. y Santiago G. (2008). Situación actual de la campaña nacional contra moscas de la fruta en México, pp. 11-13. En: Montoya, P. J., F. Díaz, y S. Flores (Comp.). *Memorias de la Séptima Reunión del Grupo de Trabajo en Moscas de la Fruta del Hemisferio Occidental*. Noviembre 2 a 7, Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 11-13.
- Hendrichs J. (1996). Action programs against fruit flies of economic importance: session overview, pp. 513-519. In: B. A. McPheron and G. J. Steck [Eds.]. *Fruit Fly Pests. A World Assessment of Their Biology and Management*. St Lucie Press, Delray Beach, FL.
- Henneken, J., Goodger, J. Q. D., Jones, T. M. y Elgar, M. A. (2017). Diet-mediated pheromones and signature mixtures can enforce signal reliability. *Frontiers Ecology and Evolution*. 10: 1-13.
- Hernández, A. y I. Luna. (2013). Efecto del tipo de atrayente y tipo de trampa en la respuesta de *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae) de diferente sexo, edad y condición nutricional. Trabajo de experiencia laboral para optar título Ing. Agr. Universidad Veracruzana, Veracruz, México. pp. 12-21.
- Hernández, E., Orozco, D., Breceda, S. F. y Domínguez, J. (2007). Dispersal and longevity of wild and mass-reared *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*. 90: 123-135. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[123:dalawr\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[123:dalawr]2.0.co;2)
- Hernández-Adame, L. A., Figueroa-De la Rosa, J.I., Chavarrieta, Y. J. M., Pineda, G. S., Montoya, P. y Martínez-Castillo, A. M. (2015). Moscas de la fruta en una zona marginal del estado de Michoacán. *Entomología Mexicana*. 2: 386-391.
- Hernández-Adame, L. A., Figueroa-De la Rosa, J. I., Y. Chavarrieta, J. M., Pineda, G. S., Montoya, P. y A. M. Martínez-Castillo. (2015). Moscas de la fruta en

- una zona marginal del estado de Michoacán. *Entomología Mexicana*. 2: 386-391.
- Hernández-Ortiz V. (1998). Nueva especie de *Anastrepha* Schiner del grupo spatulata en México (Diptera: Tephritidae). *Folia Entomológica Mexicana*. 104: 121-127.
- Hernández-Ortiz V. (2004). Two remarkable new species related to *Anastrepha tripunctata* (Diptera: Tephritidae) with a discussion of the affinities of the cryptostrepha group. *Canadian Entomologist*. 136: 759-770.
- Hernandez-Ortiz V. (2007). Diversidad y biogeografía del género *Anastrepha* en México. En: V. Hernandez-Ortiz (Ed). *Moscas de la fruta en Latinoamerica* (Diptera: Tephritidae): *Diversidad, biología y manejo*. S y G, Distrito Federal, México. pp 53-76.
- Hernández-Ortiz V. (2007). Diversidad y biogeografía del género *Anastrepha* en México. En: V. Hernandez- Ortiz (Ed.), *Moscas de la fruta en Latinoamérica* (Diptera: Tephritidae): *Diversidad, Biología y Manejo*. S y G editores, Distrito Federal, México. Pp: 53-76.
- Hernández-Ortiz V. (2007). Diversidad y biogeografía del género *Anastrepha* en México. En: V. Hernandez- Ortiz (Ed.), *Moscas de la fruta en Latinoamérica* (Diptera: Tephritidae): *Diversidad, Biología y Manejo*. S y G editores, Distrito Federal, México. Pp: 53-76.
- Hernández-Ortiz V. y 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.
- Hernández-Ortiz, V. (1992). El género *Anastrepha* Schiner en México (Diptera: Tephritidae): taxonomía, distribución y sus plantas huéspedes. Editorial Instituto de Ecología y Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. Publicación 33. México. Pp. 33-62.
- Hernández-Ortiz, V. y M. Aluja. (1993). Listado de especies del género neotropical *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. *Folia Entomológica Mexicana*. 33: 88-105.

- Hernández-Ortiz, V. y M. Aluja. (1993). Listado de especies del género neotropical *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. *Folia Entomológica Mexicana*. 33: 88-105.
- Hernández-Ortiz, V., Guillén-Aguilar, J. y López, L. (2010). Taxonomía e identificación de moscas de la fruta de importancia económica en América. In: P. Montoya, J. Toledo, and E. Hernández (Eds.). *Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo*. S y G editores, México, D.F. pp. 49-79.
- Hernández-Ortiz, V., Guillén-Aguilar, J. y López, L. (2010). Taxonomía e identificación de moscas de la fruta de importancia económica en América. In: P. Montoya, J. Toledo, and E. Hernández (Eds.). *Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo*. S y G editores, México, D.F. pp. 49-79.
- INEGI-Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tamaulipas. (Último acceso 05 junio 2020). Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293178>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Estadísticas climatológicas por estado*. Impreso en México. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx>
- Karels, T. J., Bryant, A. A. y Hik, D. S. (2004). Comparison of discriminant function and classification tree analyses for age classification of marmots. *Oikos*. 105: 575-587.
- Liedo, P., Oropeza, A. y Carey, J. R. (2020). Demografía y sus implicaciones en los programas de control. In: P. Montoya, J. Toledo, and E. Hernández (Eds.). *Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo*. S y G editores. pp. 117-127.
- Loera, G. J. J. (2017). Mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew). Ficha técnica. Dirección General de Sanidad Vegetal, SENASICA. (último acceso 15 abril 2019)15/April/2019. Disponible en: (file:///C:/Users/agatofer/Desktop/Protocolo%20Doctorado/Anastrepha_ludens_Loew.pdf).

- Malavasi, A., Morgante, J. S. y Zucchi, R. A. (2000). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil*. Holos Editora.
- Marsaro, A. L., Adaime, R., Ronchi-Teles, B., Ribeiro, L. C. y Valle da Silva, P. R. (2011). *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae), their hosts and parasitoids in the extreme north of Brazil. *Biota Neotropica*. 11: 117-123.
- Martins, A. L. B., Gisloti, L. J., Coelho, J. B., Uchoa, M. A. y Gisloti, L. J. (2019). Diversity of fruit flies (Diptera: Tephritoidea) and their host plants in a conservation unit from midwestern Brazil. *Florida Entomologist*. 102: 562-570.
- Medina, U. V. M., Zapiaín, E. G., G. Robles, M. M., Pérez, Z. O., Orozco, S. M., Williams, T. y Becerra, R. S. (2007). Fenología, eficiencia productiva y calidad de frutas de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30: 133-143.
- Montes, S. M. N. M., Raga, A. y De Souza-Filho, M. F. (2012). Occurrence of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in a mixed mango orchard in the city of Presidente Prudente, SP, Brazil. *Revista Colombiana de Entomología*. 38: 231–237.
- Montoya, P., Toledo, J. y Hernández, E. (2010). *Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo*. S y G editores, Ciudad de México. pp. 107-112.
- Montoya-Álvarez, G., Figueroa-De la Rosa, J. I., Hernández-Adame, L., Chavarrieta-Yañez, J. M., Méndez-Gutiérrez, I. R. y Martínez-Castillo. A. M. (2014). Especies de la mosca de la fruta del género *Anastrepha* Schiner capturadas en una zona marginal del estado de Michoacán. *Entomología Mexicana*. 1: 273-277.
- Nolasco, N. y J. Iannaccone. (2008). Fluctuación estacional de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Díptera: Tephritidae) en trampas McPhail en Piura y en Ica, Perú. *Acta Zoológica Mexicana*. (nueva serie) 24: 33-44.
- NOM-075-FITO-1997 (Norma Oficial Mexicana). (1998). Por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la movilización de frutos hospederos de moscas de la fruta. SAGARPA. DOF (Diario Oficial de la Federación, publicada el 16 de marzo de 1998).

- Norbom A.L. (2010). Tephritidae (Fruits Flies, mosca de las frutas). En Brown B.V., Borkent A., Cumming J.M., Wood D.M., Woodley N.E., Zumbado MA. (Eds.) *Manual of Central America* 909-954. NRC Research Press.
- Norrbom, A. L., Zucchi, R. A. y Hernández-Ortiz, V. (1999). Phylogeny of the genera *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini) based on morphology. En *Fruit Flies of Economic Importance: From Basic to Applied Knowledge*. pp. 299-342.
- Norrbom, A. L., Zucchi, R. A. y Hernández-Ortiz, V. (2012). Phylogeny of the genera *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Diptera: Tephritidae). *Systematic Entomology*. 37:17-29.
- Papachristos, D. P., Kimbaris, A. C., Papadopoulos, N. T. y Polissiou, M.G. (2009). Toxicity of citrus essential oils against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) larvae. *Annals of Applied Biology*. 155: 381-389.
- Pecina, Q. V., López Arroyo, J. I., Loera Gallardo, J. Rull, J., Rosales Robles, E., Cortez Mondaca, E., Hernández Delgado, S., Mayek, N., Perez. y Aluja M. (2009). Genetic differences between *Anastrepha ludens* (Loew) populations stemming from a native and an exotic host in NE Mexico. *Agricultura Técnica en México*. 35: 323-331.
- Pieterse, W., De Meyer, M., Virgillio, M. y Addison, P. (2024). Development of a multi-entry identification key for economically important fruit fly larvae (Diptera, Tephritidae, Dacinae). *ZooKeys*. 1197: 127-136. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1197.116887>
- Plummer, C. C., McPhail, M. y Monk, W. J. (1941). The yellow chapote, a native host of the Mexican fruit fly. USDA. Technique Bulletin. 775:12.
- Pozo-Díaz, M. Z., y Carrasco, G. I. (2005). Aplicación del análisis discriminante a un conjunto de datos vinícolas mediante el paquete estadístico SPSS v10. *Tecnociencia*. 7: 7-21.
- Rencher AC. (2002). *Methods of multivariate analysis, second edition*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Rodríguez-Rodríguez, S. E., González-Hernández, H. E., Rodríguez-Leyva, J. Lomelí-Flores, R. y Miranda-Salcedo, M. A. (2018). Species diversity and

- population dynamics of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Guerrero, Mexico. *Florida Entomologist*. 101: 113-118.
- Rodríguez-Rodríguez, S. E., H. González-Hernández, E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomelí-Flores, y M. A. Miranda-Salcedo. (2018). Species diversity and population dynamics of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Guerrero, Mexico. *Florida Entomologist*. 101: 113-118.
- Ruiz, C. E., Coronado, B.J.M.A. y Myartseva, S. N. (2006). Situación actual del manejo de las plagas de los cítricos en Tamaulipas, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 78.
- Ruiz-Montoya, L., V. R. Verónica, D. Haymer, y P. Liedo. (2020). Genetic and ecological relationships of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) populations in Southern Mexico. *Insects*. 11: 2-18.
- Ruiz-Montoya, L., Vallejo, R., Haymer, D., y Liedo, P. (2020). Genetic and ecological relationships of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) populations in southern Mexico. *Insects*. 11: 815. <https://doi.org/10.3390/insects11110815>
- SADER (2024). Reconoce industria citrícola apoyo integral de Agricultura en la recuperación del sector. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/reconoce-industria-citricola-apoyo-integral-de-agricultura-en-la-recuperacion-del-sector?idiom=es> (Último acceso 8 mayo 2025).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2021). *Anastrepha serpentina* (Wiedemann). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (Último acceso 18 agosto 2021). Disponible en: Microsoft Word - *Anastrepha serpentina* Wiedemann.doc (servea.com.mx).
- SEDER (Secretaría de Desarrollo Rural). (2018). Anuario Estadístico. Gobierno del Estado de Tamaulipas. (Último acceso 18 marzo 2021). Disponible en: https://www.tamaulipas.gob.mx/anuario_2018.pdf.
- SEDERPA (Secretaría de Desarrollo Rural, Pesca y Acuacultura). (2025). Mosca de la Fruta. <https://www.tamaulipas.gob.mx/desarrollorural/mosca-de-la-fruta/#> (Último acceso 20 abril 2025).

- SEDERPA (Secretaría de Desarrollo Rural, Pesca y Acuacultura). (2025). Mosca de la Fruta. <https://www.tamaulipas.gob.mx/desarrollorural/mosca-de-la-fruta/#> (Último acceso 20 abril 2025).
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) (2018). Guía de Identificación de Moscas de la Fruta. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 06/2018
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria). (2020). Manual Técnico Para las Operaciones de Campo de la Campaña Nacional Contra Moscas de la Fruta. Dirección del Programa Nacional de Moscas de la Fruta. (Último acceso 30 abril 2021). Disponible en: <http://sinavef.senasica.gob.mx/MDF/>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Gobierno de México. (Último acceso 02 junio 2024). Disponible en: <https://www.gob.mx/siap>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2023). Avances de siembras y cosechas. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ (Último acceso 8 mayo 2025).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Último acceso 4 marzo 2023).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Último acceso 4 marzo 2023).
- Smith, K. G. V. 1986. *A Manual of Forensic Entomology*. British Museum (Natural History), London.
- Soto-Reyes, N., López-Malo, A., Rojas-Laguna, R., Gómez-Salazar, J. A. y Sosa-Morales, M. E. (2018). Effects of microwave-assisted hot water treatments designed against Mexican fruit fly (*Anastrepha ludens*) on grapefruit (*Citrus paradisi*) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98:3659–3666.

- Stenseth, N. C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J. W., Chan, K. S. y Lima, M. Ecological effects of climate fluctuations. (2002). *Science*. 297:1292-1296. doi: 10.1126/science.1071281. PMID: 12193777.
- Toledo, J., Rasgado, M., Ibarra, J., Gómez, A., Liedo, P. y Williams, T. (2006). Infection of *Anastrepha ludens* following soil applications of *Heterorhabditis bacteriophora* in a mango orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 119: 1-6. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00412.x>
- Toledo, J., Rasgado, M., Ibarra, J., Gómez, A., Liedo, P. y Williams, T. (2006). Infection of *Anastrepha ludens* following soil applications of *Heterorhabditis bacteriophora* in a mango orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 119: 1-6. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00412.x>
- Troyo-Diéguez, E., Servín-Villegas, R., Loya-Ramírez, JG., García-Hernández, JL., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Beltrán, A., Fenech, L. y Arnaud-Franco, G. (2006) Planeación y organización del muestreo y manejo integrado de plagas en agroecosistemas con un enfoque de agricultura sostenible. *Universidad y Ciencia*. 22:191-203.
- Trujillo Arriaga, F. J. y Ramírez y Ramírez, F. (2018). *Guía de identificación de moscas de la fruta*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa Nacional de Moscas de la Fruta.
- Trujillo, A. F. J. y R. F. Ramírez. (2018). Guía de Identificación de las Moscas de la Fruta. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Pages 5-15.
- Tucuch-Cauich, F. M., G. Chi-Que. y F. Orona-Castro. (2008). Dinámica poblacional de adultos de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha* sp. (Díptera: Tephritidae) en Campeche, México. *Agricultura Técnica en México*. 34: 341-347.
- Uchôa M.A. y Nicácio J.N. (2010). New records of Neotropical fruit flies (Tephritidae), Lance flies (Lonchaeidae) (Diptera: Tephritoidea), and the host plants in the south pantanal and adjacent areas, Brazil. *Annals of the Entomological Society of America*. 103: 723-733.

- Vanegas-Carrillo, R., Ramírez-Dávila, J. F. y Rivera-Martínez, R. (2021). Distribución espacial de mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha* spp.) (Diptera: Tephritidae) en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología*. 47: 1-8.
- Vanegas-Carrillo, R., Ramírez-Dávila, J. F. y Rivera-Martínez, R. (2021). Distribución espacial de mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha* spp.) (Diptera: Tephritidae) en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología*. 47: 1-8.
- Vanoye-Eligio, V., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G., Lara-Villalón, M. y Barrientos, L. L. (2015b). Fluctuación poblacional de *Anastrepha ludens* en la región de Santa Engracia, Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6: 1077-1091.
- Vanoye-Eligio, V., Rosas-Mejía, M., Rocandio-Rodríguez, M., Vanoye-Eligio, M. y Coronado-Blanco, J. M. (2019). A spatio-temporal approach for the occurrence of traps capturing sexually mature *Anastrepha ludens* females over an extensive citrus area in Mexico. *Crop Protection*. 124: 1-8.
- Vanoye-Eligio, V., Barrientos-Lozano, L., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G. y Lara-Villalón, M. (2015a). Regional-scale spatio-temporal analysis of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) populations in the citrus region of Santa Engracia, Tamaulipas, Mexico. *Journal of Economic Entomology*. 108:1655-1664. <https://doi.org/10.1093/jee/tov134>
- Vanoye-Eligio, V., Barrientos-Lozano, L., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G. y Lara-Villalón, M. (2015a). Regional-scale spatio-temporal analysis of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) populations in the citrus region of Santa Engracia, Tamaulipas, Mexico. *Journal of Economic Entomology*. 108: 1655-1664. <https://doi.org/10.1093/jee/tov134>
- Vanoye-Eligio, V., Barrientos-Lozano, L., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G. y Lara-Villalón, M. (2015b). Population dynamics of *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) on citrus areas in southern Tamaulipas, Mexico. *Neotropical Entomology*. 44: 565-573.
- Vanoye-Eligio, V., Llanderal-Cazares, C., Leal-Guzmán, J. C. y Acosta-Aguirre, S. (2015c). Population dynamics of *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera:

- Tephritidae) on citrus areas in southern Tamaulipas, Mexico. *Neotropical Entomology*. 44:589-596. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0328-z>
- Vanoye-Eligio, V., Vázquez-Sauceda, M. L., Chacón-Hernández, J. C., Mora-Ravelo, S. G. y Rocandio-Rodríguez. M. (2018). Seasonal variation of the capture and field distribution of sterile *Anastrepha ludens* in Tamaulipas, Mexico. *Journal Applied Entomology*. 142: 696-704.
- Vanoye-Eligio, V., Vázquez-Sauceda, M. L., Chacón-Hernández, J. C., Mora-Ravelo, S. G. y Rocandio-Rodríguez. M. (2018). Seasonal variation of the capture and field distribution of sterile *Anastrepha ludens* in Tamaulipas, Mexico. *Journal Applied Entomology*. 142: 696-704.
- Vanoye-Eligio, V., Vázquez-Sauceda, M. L., Rocandio-Rodríguez, J. C. y Rosa-Manzano. E. (2019a). Mapping the spatial variability of the field distribution of sterile *Anastrepha ludens* over a release area. *Journal of Applied Entomology*. 144: 170-180.
- Vanoye-Eligio, V., M. L. Vázquez-Sauceda, J. C. Rocandio-Rodríguez, and E. Rosa-Manzano. (2019a). Mapping the spatial variability of the field distribution of sterile *Anastrepha ludens* over a release area. *Journal of Applied Entomology*. 144: 170-180.
- Vanoye-Eligio, V., Vázquez-Sauceda, M. L., Rosas-Mejía, M., Vera, A., Cortés-Hernández, D. A. y Rocandio-Rodríguez. M. (2019c). Analysis of temporal fluctuations in numbers of sexually mature *Anastrepha ludens* females over an extensive citrus area in northeastern Mexico. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 167: 517-525.
- Vanoye-Eligio, V., Vázquez-Sauceda, M. L., Rosas-Mejía, M., Vera, A., Cortés-Hernández, D. A. y Rocandio-Rodríguez. M. (2019c). Analysis of temporal fluctuations in numbers of sexually mature *Anastrepha ludens* females over an extensive citrus area in northeastern Mexico. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 167: 517-525.
- Vanoye-Eligio, V., M. Rosas-Mejía, M. Rocandio-Rodríguez, M. Vanoye-Eligio, and J. M. Coronado-Blanco. (2019b). A spatio-temporal approach for the occurrence of traps capturing sexually mature *Anastrepha ludens* females over an extensive citrus area in Mexico. *Crop Protection*. 124: 1-8.

- Vanoye-Eligio, V., Rosas-Mejía, M., Rocandio-Rodríguez, M., Vanoye-Eligio, M. y Coronado-Blanco, J. M. (2019b). A spatio-temporal approach for the occurrence of traps capturing sexually mature *Anastrepha ludens* females over an extensive citrus area in Mexico. *Crop Protection*. 124: 1-8.
- Vanoye-Eligio, V., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G., Lara-Villalón, M. y Barrientos, L. L. (2015b). Fluctuación poblacional de *Anastrepha ludens* en la región de Santa Engracia, Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6: 1077-1091.
- Vanoye-Eligio, V., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G., Lara-Villalón, M. y Barrientos, L. L. (2015a). Fluctuación poblacional de *Anastrepha ludens* en la región de Santa Engracia, Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:1077-1091.
- Vanoye-Eligio, V., Pérez-Castañeda, R., Gaona-García, G., Lara-Villalón, M. y Barrientos, L. L. (2015a). Fluctuación poblacional de *Anastrepha ludens* en la región de Santa Engracia, Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6: 1077-1091.
- Vanoye-Eligio, V., Téliz-Ortiz, D., Leal-Guzmán, J. C., y Alvarado-Díaz, S. H. (2017). Mexican fruit fly populations in the semi-arid highlands of the Sierra Madre Oriental in northeastern Mexico. *Neotropical Entomology*. 46:504-510. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0478-7>
- Vanoye-Eligio, V., Téliz-Ortiz, D., Leal-Guzmán, J. C., y Alvarado-Díaz, S. H. (2017). Mexican fruit fly populations in the semi-arid highlands of the Sierra Madre Oriental in northeastern Mexico. *Neotropical Entomology*. 46: 504-510. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0478-7>
- Vanoye-Eligio, V., Vázquez-Sauceda, M., Chacón-Hernández, J., Rocandio-Rodríguez, M., Rosas-Mejía, M., y Vanoye-Eligio, M. (2022). Insights into the population dynamics of *Anastrepha obliqua* and *Anastrepha ludens* in the neotropical limits of Mexico. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 171:35-44. <https://doi.org/10.1111/eea.13245>
- Varela-Fuentes, S. E., Coronado-Blanco, J. M., Ruíz-Cancino, E., Ontiveros, G. O., Silva-Aguirre, G. L. y Segura-Martínez, M. T. de J. (2009). Impacto de la aplicación de malatión UBV sobre la entomofauna benéfica en cítricos de la

- zona centro de Tamaulipas. In: Taller Internacional de Recursos Naturales. Memoria. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Pages 45.
- Vargas-Tovar, J. A., Delgado-Luna, C., Zavala-Zapata, V. y 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* (nueva serie). 40: 1–17. <https://doi.org/10.21829/azm.2024.4012702>
- Wan, X., Holyoak, M., Yan, C., Le, Maho Y., Dirzo, R., Krebs, C. J., Stenseth, N. C. y Zhang, Z. (2022). Broad-scale climate variation drives the dynamics of animal populations: a global multi-taxa analysis. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 97:2174-2194. doi: 10.1111/brv.12888.
- Weems, H., Heppner, V., J. B., Steck, G. J., Fasulo, T. R. y Nation, J. L. (2012). Mexican Fruit Fly, *Anastrepha ludens* (Loew) (Insecta: Diptera: Tephritidae): EENY201/IN358, rev. 1/2012. EDIS, 2012(2). <https://doi.org/10.32473/edis-in358-2012>
- Weems, H. V. Jr., Heppner., J. B, Steck., G. J., Fasulo, T. R. y Nation, J. L. (2001). Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Loew)) (Diptera: Tephritidae). Entomology Circular No. 16. EENY-201. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. 5p.
- Wilson, W., Ibarra, J., Oropeza, A., Hernández, M., Toledo-Hernández, R., y Toledo, J. (2017). Infection of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) adults during emergence from soil treated with *Beauveria bassiana* under various texture, humidity, and temperature conditions. *Florida Entomologist*. 100: 503-508. <https://doi.org/10.1653/024.100.0302>
- Zucchi, R. A., y R. C. B. Moraes. (2008). Fruit flies in Brazil. *Anastrepha* species, their host plants, and parasitoids. (Último acceso 02 marzo 2022). Disponible: <https://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha>.