

## Eficiencia de la fumigación con bromuro de metilo al 100% en toronja infestada por *Anastrepha* spp.

Joel De Santiago-Meza<sup>1</sup>

Gustavo Alberto Frías-Treviño<sup>1,§</sup>

Luis Alberto Aguirre-Uribe<sup>1</sup>

Tito Vázquez-Rojas<sup>2</sup>

Víctor Manuel Almaraz-Asís<sup>2</sup>

1 Departamento de Parasitología-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. Tel. 844 4110200. (joelsantiago1797@outlook.com; luisaguirreu@yahoo.com.mx).

2 Servicios de Verificación y Evaluación en Sanidad Agroalimentaria, AC. Malasia 580, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25290. Tel. 844 4153279. (buitrexc@hotmail.com; alasvic@live.com.mx).

Autor para correspondencia: servesa-gfriast@hotmail.com.

### Resumen

Se evaluó la respuesta de larvas de mosca de la fruta (*Anastrepha* spp.) a la fumigación con bromuro de metilo al 100% en toronjas infestadas naturalmente. Al finalizar el ciclo de producción 2021 en la región citrícola de Nuevo León, México, para ello se recolectaron toronjas (*Citrus paradisi*) infestadas por mosca de la fruta. Los frutos recolectados se dividieron en tres lotes, dos se trataron en una cámara de fumigación con bromuro de metilo a  $24 \text{ g m}^{-3}$  y dos h de exposición y el otro sirvió como control. Después de la fumigación uno de los lotes fumigados se refrigeró a  $5^\circ\text{C}$  y el otro se mantuvo a temperatura ambiente entre  $19$  y  $24^\circ\text{C}$ . El porcentaje de larvas vivas se evaluó 5, 24, 48 y 72 h después de la fumigación en 30 frutos de cada lote. El 89 a 94% de las larvas dejaron de moverse 72 h después de la fumigación. Utilizando el modelo Exponencial ajustado a los datos se estimó que todas las larvas pierden su capacidad de movimiento 120-144 h después de la fumigación (5-6 días). La refrigeración aumentó el porcentaje de larvas con movimiento, pero este efecto se perdió 48 h después de la fumigación. Estos resultados indicaron que la efectividad de la fumigación en la fruta hospedera de *Anastrepha* spp., con bromuro de metilo, puede evaluarse con certeza a los 5-6 días después del tratamiento.

### Palabras clave:

*Anastrepha* spp., bromuro de metilo, fumigación, toronja.



## Introducción

En México, la mosca de la fruta del género *Anastrepha* es una plaga cuarentenaria de alto impacto económico y fitosanitario, al afectar diversos frutales, incluyendo los cítricos. Representa un problema importante en la producción, manejo poscosecha, comercialización y exportación, debido a las restricciones fitosanitarias impuestas a nivel nacional e internacional (Cesave, 2015; Senasica, 2016).

El bromuro de metilo es considerado una sustancia que agota la capa de ozono, motivo por el cual su uso está restringido conforme a los lineamientos establecidos en el Protocolo de Montreal de 1987. No obstante, se han otorgado exenciones para aplicaciones fitosanitarias específicas, particularmente en tratamientos cuarentenarios y de preembarque, donde no existen alternativas viables con igual eficiencia (Heather y Hallman, 2008).

La fumigación poscosecha con bromuro de metilo es una de las estrategias fitosanitarias más utilizadas para el tratamiento cuarentenario de frutos con presencia de *Anastrepha* spp., como cítricos, mangos y otros frutos. Este manejo es fundamental para garantizar la movilización de dichos productos desde zonas bajo control hacia zonas libres o de baja prevalencia (Aphis, 2010; NOM-075-FITO-1997). Este tratamiento redujo el riesgo de diseminación de plagas cuarentenarias de zonas bajo control a zonas libres, conforme a los lineamientos internacionales de bioseguridad (UNEP, 2010).

Además, su aplicación es ampliamente reconocida en los procesos de exportación de productos hortofrutícolas, al estar regulada mediante planes de trabajo bilaterales firmados entre México y países importadores, así como por los requisitos fitosanitarios establecidos por las autoridades sanitarias de dichos países (Senasica, 2020). En México, se ha documentado la detección de larvas vivas en los embarques de fruta que fueron fumigados con bromuro de metilo, aplicados conforme a las concentraciones y tiempos de exposición establecidos en la NOM-075-FITO-1997 o según los requisitos de importación. Esta situación compromete la eficiencia del tratamiento, genera rechazos de la fruta e implica sanciones (suspensión temporal) para las entidades responsables de la certificación fitosanitaria de los embarques previamente tratados.

Habitualmente, la fruta tratada es transferida inmediatamente a unidades de transporte refrigeradas (cajas-tráiler tipo termo) lo que permite su arribo al punto de destino de un intervalo de horas hasta un máximo de 1 a 2 días tras la fumigación. El transporte inmediato de la fruta fumigada favorece la preservación de su calidad organoléptica y comercial, esta práctica tiene implicaciones en la eficiencia biológica del tratamiento. La disminución de la temperatura en las cajas-tráiler puede inducir una reducción del metabolismo del insecto y por lo tanto retrasar o incluso inhibir la acción letal del fumigante. En consecuencia, el efecto esperado de la fumigación (muerte del 100% de la plaga) podría no lograrse antes de la inspección fitosanitaria en puntos de entrada a zonas libres o de baja prevalencia.

El objetivo fue desarrollar un modelo para evaluar la eficiencia de aplicación de bromuro de metilo a una concentración de  $24 \text{ g m}^{-3}$  sobre el control de larvas de mosca de la fruta y su efecto en condiciones de refrigeración.

## Materiales y métodos

### Ubicación del experimento

El tratamiento se llevó a cabo en la cámara de fumigación de la empresa Distribuidora de Naranjas Tamez, SA de CV, ubicada en el municipio de Allende, Nuevo León, México, situada en las coordenadas  $25^{\circ} 16' 56''$  latitud norte y al  $100^{\circ} 01' 44''$  longitud oeste.

## Obtención del material biológico

Al finalizar el ciclo de producción de toronja 2021, en el municipio de General Terán, se recolectaron 360 toronjas infestadas por mosca de la fruta en dos predios con manejo convencional. Los predios se ubican entre las coordenadas 25° 14' 19" latitud norte y al 99° 44' 58" longitud oeste. Los frutos recolectados se colocaron en cajas de plástico y se trasladaron a la cámara de fumigación. Los predios y la cámara de fumigación pertenecen a un mismo estatus fitosanitario (zona de baja prevalencia).

## Fumigación con bromuro de metilo

Se fumigaron 240 frutos de toronja siguiendo el procedimiento establecido en el Manual de Tratamientos Fitosanitarios (Senasica, 2016). La dosis de bromuro de metilo aplicada a la cámara de fumigación fue de 24 g m<sup>-3</sup>, con un tiempo de exposición de 2 h. Después de la aplicación se ventiló la cámara por un período de 30 min. Un lote de 120 frutos sin fumigar sirvió como testigo en el ensayo (entre 19 y 24 °C).

## Evaluación de la efectividad del bromuro de metilo 100%

La fruta fumigada se dividió en dos lotes con 120 toronjas cada uno. Uno de los lotes fumigados se refrigeró a 5 °C y los otros dos (uno tratado y el testigo) se mantuvieron a temperatura ambiente (entre 19 y 24 °C). Posteriormente, se tomaron 30 frutos de cada lote (2 fumigados y el testigo) a las 5, 24, 48 y 72 h después de la fumigación. La fruta se examinó de acuerdo con el procedimiento establecido en la NOM-075-FITO-1997. Cada toronja se rebanó en partes delgadas de 1 cm de grosor, se extrajeron todas las larvas y se contabilizaron vivas y muertas, considerando vivas las que presentaban movimiento (se observó el movimiento durante un minuto).

El porcentaje de larvas vivas se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\%Larvas = \frac{Larvas * 100}{Totalde larvas en el lote}$$

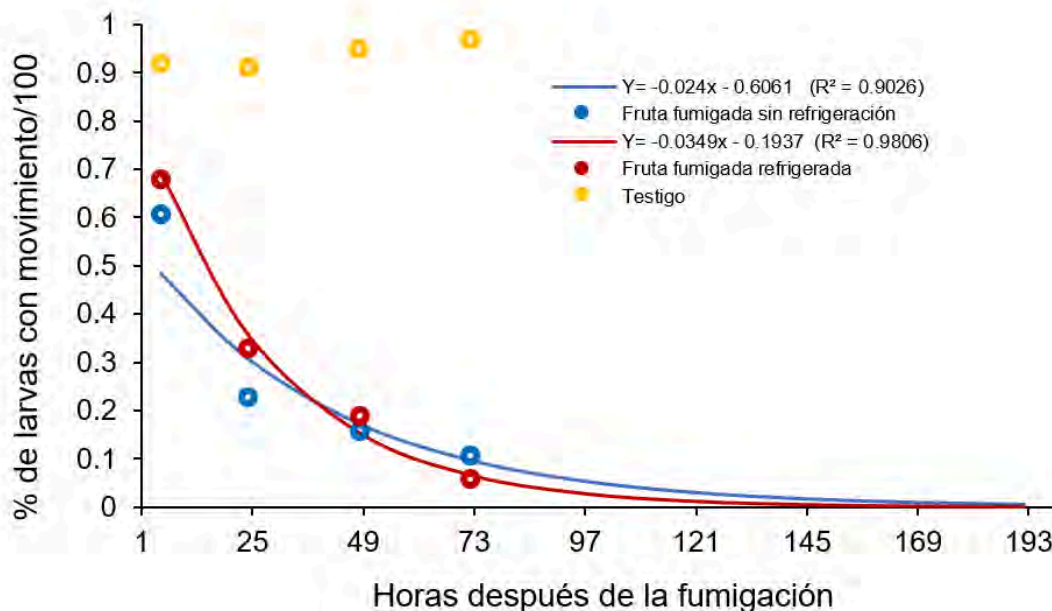
Los datos de porcentaje de larvas (todos los estadios) vivas en toronja tratada, almacenada en refrigeración y a temperatura ambiente contra días horas de la fumigación se graficaron y procesaron estadísticamente para seleccionar el modelo que mejor describía la relación entre estas dos variables. Los modelos de porcentaje de larvas con movimiento evaluados fueron el Exponencial, Ley de Potencia y Berger (Campbell y Madden, 1990).

## Resultados y discusión

El porcentaje de larvas vivas extraídas de las toronjas fumigadas y mantenidas en refrigeración o a temperatura ambiente se redujo conforme se incrementó el tiempo transcurrido después de la aplicación del tratamiento. En la fruta sin fumigar (testigo) el porcentaje de larvas vivas se mantuvo entre 92 a 98% (Figura 1).



Figura 1. Porcentaje de larvas vivas de mosca de la fruta (*Anastrepha* spp.), en toronja fumigada con bromuro de metilo al 100% a dosis de  $24 \text{ g m}^{-3}$ , tiempo de exposición de 2 h y posterior almacenamiento a temperatura ambiente ( $19-24^\circ\text{C}$ ) y refrigeración ( $5^\circ\text{C}$ ).



El porcentaje de larvas vivas 24 h después de la fumigación fue de 23 y 33% en lotes fumigados mantenidos a temperatura ambiente y refrigerados, respectivamente. Para el caso de los frutos con 72 h después de la fumigación, se encontró un 6 y 11% de larvas vivas, cuando la fruta se mantuvo refrigerada y a temperatura ambiente, respectivamente (Figura 1). La refrigeración de la fruta fumigada incrementa el porcentaje de larvas vivas durante las primeras 48 h, sin embargo, este efecto no persiste a las 72 h después del tratamiento.

El modelo que mejor describió la relación entre porcentaje de movimiento y tiempo después de la fumigación fue el exponencial.  $R^2$  de 0.9 y 0.98 para el caso del lote de fruta a temperatura ambiente y refrigerada, respectivamente. Con este modelo se proyectó que el tiempo requerido para matar el 99% de larvas se logra 120 y 144 h después de la fumigación, dependiendo de la temperatura de almacenamiento después de la fumigación (Figura 1), resultados similares a los de Hallman y Thomas (2011), quienes reportaron que, cuando la fruta fue mantenida a temperatura ambiente, se observó movimiento en 0.23% ( $\pm 0.12\%$ ) de larvas, cuatro días después de la fumigación.

El efecto de la fumigación sobre larvas de mosca de la fruta es gradual y no se completa al momento de abrir la cámara de fumigación, sino que toma días inactivar el 100% de las larvas. Las larvas expuestas al bromuro de metilo 100% a la dosis y tiempos de exposición especificados en la NOM-075-FITO-1997 pueden mostrar movimiento 3 o 4 días después de la fumigación, aun cuando la fumigación se hizo en apego al manual de tratamiento.

## Conclusiones

Las medidas fitosanitarias establecidas en la NOM-075-FITO-1997, como el rechazo de embarques de fruta fumigada por detección de larvas con movimiento, debería ajustarse considerando que tanto en este ensayo como otras investigaciones se ha demostrado que la movilidad se pierde gradualmente.

## Bibliografía

- 1 APHIS. 2010. Animal and Plant Health Inspection Service. Treatment manual. 920 p. <https://aphis.stg.platform.usda.gov/sites/default/files/treatment.pdf>.
- 2 Campbell, C. L. and Madden, L. V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley & Sons, Nueva York. 532 p.
- 3 CESAVE. 2015. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz. Moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.). <https://cesave.org.mx/moscas-de-la-fruta-anastrepha/>.
- 4 Hallman, G. J. and Thomas, D. B. 2011. Evaluation of the efficacy of the methyl bromide fumigation schedule against Mexican fruit fly (Diptera: tephritidae) in citrus fruit. United State of América. Journal of Economic Entomology. 104(1):63-68. <https://doi.org/10.1603/EC10199>.
- 5 Heather, N. W. and Hallman, G. J. 2008. Pest management and phytosanitary trade barriers. CABI, Wallingford, United Kingdom. 251 p.
- 6 NOM 075 FITO. 1997. Por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la movilización de frutos hospederos de moscas de la fruta. Diario Oficial de la federación. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/normasoficialesmexicanasenmateriadesanidadvegetal>.
- 7 SENASICA. 2016. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Manual de tratamientos fitosanitarios. 215 p. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/manual-de-tratamientos-fitosanitarios-83952>.
- 8 SENASICA. 2016. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Fichas técnicas de moscas nativas de la fruta. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/fichas-tecnicas-moscas-nativas-de-la-fruta>.
- 9 SENASICA. 2020. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Cítricos libres de moscas de la fruta para Estados Unidos de América. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/citricoslibresdemoscasdelafrutaparaestadosunidosdeamerica>.
- 10 UNEP. 2010. United Nations Environment Programme. Report of the methyl bromide technical options committee. 397 p. <https://acd-ext.gsfc.nasa.gov/Documents/O3-Assessments/Docs/WMO-2010/2010assessment/MBTOC-2010-Assessment-Report.pdf>.



## Eficiencia de la fumigación con bromuro de metilo al 100% en toronja infestada por *Anastrepha* spp.

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 1 November 2025
Date accepted: 1 December 2025
Publication date: 14 December 2025
Publication date: Nov-Dec 2025
Volume: 16
Issue: 8
Electronic Location Identifier: e3911
DOI: 10.29312/remexca.v16i8.3911

### Categories

Subject: Nota de investigación

### Palabras clave:

#### Palabras clave:

*Anastrepha* spp.  
bromuro de metilo  
fumigación  
toronja

### Counts

Figures: 1  
Tables: 0  
Equations: 1  
References: 10