

Relación entre variables bioclimáticas y prácticas de manejo con capturas de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae)



CU-ID: 2247/v37n2e05

Relation between bioclimatic variables and management practices with captures of *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae)

✉ Ángela María Arcila Cardona^{1*}, ✉ Juan Camilo Gómez-Correa²,
✉ Carlos Esteban Brochero Bustamante³, ✉ Carlos Alberto Abaunza González⁴, ✉ Edgar Herney Varón Devia⁴

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Agrosavia. Sede Central. Km. 14 vía Mosquera-Bogotá, Colombia.

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Agrosavia. Centro de investigación Caribía. Km 6 Vía Sevilla - Guacamayal, Zona Bananera, Magdalena, Colombia.

³Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Agrosavia. Centro de investigación Caribía. Km 6 Vía Sevilla - Guacamayal, Zona Bananera, Magdalena, Colombia.

⁴Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Agrosavia. Centro de Investigación Nataima. Km 9 vías Espinal-Ibagué, Tolima, Colombia.

RESUMEN: El presente estudio se realizó en áreas productoras de mango Azúcar del departamento Magdalena, Colombia, con el objetivo de comparar capturas de adultos de *Anastrepha obliqua* (Macquart) entre grupos de fincas definidos por prácticas de manejo, altitud y variables bioclimáticas. Se documentaron las prácticas de manejo en 44 fincas a través de encuestas semiestructuradas y, a partir de las coordenadas geográficas, se extrajeron 19 variables bioclimáticas de WorldClim; estas y la altitud se analizaron utilizando el método de agrupamiento K-Means. Como resultado, se seleccionaron 23 fincas donde se determinó el índice Mosca/Trampa/Día por medio de dos muestreos con trampas McPhail. Las fincas se agruparon de acuerdo con sus prácticas de manejo mediante análisis de correspondencia múltiple y posterior agrupación jerárquica en componentes principales. El índice Mosca/Trampa/Día entre grupos se comparó mediante la prueba de Kruskal-Wallis y se realizaron análisis de correlación entre el índice Mosca/Trampa/Día, la altitud y las variables bioclimáticas. Los grupos de fincas localizados en las áreas más secas (505 - 749 mm. año⁻¹) mostraron valores de índice Mosca/Trampa/Día en fase de maduración de fruto más bajos que los grupos en áreas más húmedas (788 - 1621 mm. año⁻¹). Bajo las condiciones de producción analizadas, la agrupación de las fincas en función de las variables bioclimáticas y prácticas de manejo permitió identificar diferencias entre las capturas de *A. obliqua*. Los resultados aportan a la delimitación de áreas potenciales de baja prevalencia y al diseño de estrategias de manejo de la plaga.

Palabras clave: *Mangifera indica*, mosca de las frutas, manejo de plagas, trampas, clima.

ABSTRACT: The present study was carried out at the Caribbean coast of the state of Magdalena, where the main cultivar is a variety called "sugar mango". The research compared the captures of *Anastrepha obliqua* (Macquart) adults between groups of farms defined by management practices, altitude, and bioclimatic variables. Management practices of 44 farms were documented through a survey and their geographic coordinates were used to extract 19 bioclimatic variables from the WorldClim database. The bioclimatic variables plus the altitude of the farms were analyzed using a K-Means clustering method. As a result, 23 mango farms were selected and sampled, determining the Fly/Trap/Day index through two samplings with McPhail traps. The farms were grouped according to their management practices using multiple correspondence analysis and hierarchical clustering into principal components. The Fly/Trap/Day index mean values were compared between groups of farms using the Kruskal-Wallis test, and correlations between the Fly/Trap/Day index, altitude, and bioclimatic variables were calculated. Groups of farms located in drier areas (505-749 mm. year⁻¹) showed lower fruit ripening stage Fly/Trap/Day index values than groups located in more humid areas (788-1,621 mm. year⁻¹). Therefore, under the production conditions analyzed, the grouping of the farms based on bioclimatic variables and management practices allowed us to identify differences in *A. obliqua* captures. The results obtained contribute to the delimitation of potential low prevalence areas and the design of pest management strategies.

Key Words: *Mangifera indica*, fruit fly, pest management, traps, climate.

*Correspondencia a: Edgar Herney Varón Devia. E-mail: evaron@agrosavia.co.

Recibido: 21/10/2021

Aceptado: 29/07/2022

INTRODUCCIÓN

El mango *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) es una de las frutas tropicales con mayor producción a nivel mundial. Los principales países productores son India, Indonesia y China (1). En Colombia, este cultivo tiene gran potencial de exportación y su área de producción está distribuida en 21 departamentos. En 2021 se llegó a 26158 ha cosechadas; los principales departamentos productores fueron Cundinamarca, Tolima y Magdalena con el 65,3 % de la producción (2).

Las moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) afectan severamente al cultivo de mango, pues disminuyen la calidad de los frutos y restringen el acceso de fruta fresca a mercados internacionales, por su carácter cuarentenario para los principales mercados importadores (3). La magnitud de sus daños puede producir pérdidas en las producciones entre el 30-40 %, e incluso de 70 % cuando no se aplican medidas de control (4).

Anastrepha es el género más diverso y de mayor distribución en Colombia, para el que se reportan 83 especies (5). En el departamento Magdalena, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) informó en 2015 la captura de hasta 16 especies de tefritidos. Las especies más frecuentes fueron *Anastrepha obliqua* (Macquart), *C. capitata*, *A. distincta* Greene, *Hexachaeta* sp., *A. complejo fraterculus* (Wiedemann) y *A. striata* Schiner (6). *A. obliqua*, particularmente, es considerada el principal artrópodo plaga del cultivo de mango en Colombia (7).

Para el manejo de las poblaciones de la mosca se emplean alternativas de control de tipo mecánico, legal, genético, químico y biológico; y una combinación adecuada de estos puede ejercer un efectivo control de la plaga en el cultivo de mango (3). No obstante, pocos agricultores realizan este tipo de actividades, entre las cuales se incluyen el monitoreo de adultos mediante trampas, la recolección de frutos maduros de mango y el uso de insecticidas específicos para dípteros (3).

El monitoreo de poblaciones de mosca de la fruta es uno de los componentes básicos en los programas de control, a través de la utilización de trampas y atrayentes (8). El empleo de las trampas y cebos atrayentes depende de la especie diana, el sexo de los individuos, la disponibilidad de insumos y el costo. Por ejemplo, las trampas a base de feromonas se han encontrado eficaces para capturar machos de *C. capitata*; mientras que, las que emplean atrayentes alimenticios (9), atraen tanto machos como hembras de tefritidos de los géneros *Anastrepha* spp., *Ceratitis* spp. y *Bactrocera* spp.

Con el objetivo de favorecer el comercio internacional de fruta fresca, en Colombia se han declarado áreas de baja prevalencia de plagas (ABPP) y en particular para moscas de la fruta (10). Las ABPP pueden darse en forma natural o como resultado de prácticas

de manejo que reduzcan las poblaciones de moscas de la fruta (11).

La temperatura, humedad relativa y la precipitación son fáciles de medir, pero su impacto en la población de insectos es generalmente difícil de determinar (12). No obstante, se han utilizado series de datos climáticos para determinar el potencial de distribución de las moscas de la fruta a diferentes escalas (13, 14, 15), así como también su abundancia y diversidad y la de sus parasitoides (16).

Teniendo en cuenta el contexto anterior, se llevó a cabo la presente investigación en áreas productoras de mango del departamento Magdalena, la cual tuvo como objetivo comparar las capturas de adultos de *A. obliqua* entre grupos de fincas definidas por altitud, variables bioclimáticas y prácticas de manejo. Se buscó generar información que contribuya a la delimitación de áreas potenciales de baja prevalencia y al diseño de estrategias de manejo de la plaga en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona productora de mango Azúcar se encuentra ubicada en la región Caribe al norte de Colombia, específicamente en el departamento Magdalena. Comprende 4044 ha sembradas distribuidas en tres municipios: Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (17). Esta zona, localizada en los grupos climáticos cálido húmedo, cálido seco y cálido semiárido se constituye en un nicho ecológico especial para la producción de mango Azúcar en Colombia (18). Durante el año 2017, en el área de estudio, se llevó a cabo la aplicación de una encuesta semiestructurada sobre la percepción de las poblaciones y el manejo de mosca de la fruta a 44 productores (21 agricultores del municipio de Santa Marta, 20 de Ciénaga y 3 de Zona Bananera); se analizaron series de datos bioclimáticos (WorldClim), de altitud y se realizaron dos muestreos quincenales de adultos de *A. obliqua* con trampas McPhail en campo, a partir de los cuales se hicieron los análisis que se detallan a continuación.

Agrupamiento por variables de altitud y bioclimáticas

Para realizar el análisis de agrupamiento de acuerdo con características ambientales, se geolocalizaron las 44 fincas, se registró su altitud (m) y se cruzaron los puntos de ubicación con las superficies de valores para 19 variables bioclimáticas (Tabla 1) incluidas en la base de datos WorldClim Version 2 (19). Estas son derivadas de los valores mensuales de temperatura y precipitación, con el fin de generar variables más significativas biológicamente. Representan la tendencia anual, estacionalidad y los valores extremos de las variables ambientales limitantes (20). Los datos se encuentran a una resolución de 30 arco-segundos (~1 km² en el ecuador) para el periodo 1970-2000. A

pesar de la limitación temporal de la base de datos, es la de mejor resolución espacial y de libre acceso para el área de estudio, por ello se consideró apropiado su uso, pues el objetivo fue agrupar fincas de acuerdo con su clima promedio histórico y, tratándose de un área pequeña (aproximadamente 1872 km²), se necesitaba una alta resolución.

Otras bases de datos, como TerraClimate, ofrecen información más actualizada (1981-2020), pero con una resolución (1/24°, ~4 km), tamaño de grilla aproximado de 16 km² (21), lo cual limita la información disponible para el área de estudio a 9 píxeles.

A partir de las 19 variables bioclimáticas y la altitud (m) de cada finca, se definieron los grupos de fincas mediante un análisis de conglomerados K-Means Cluster Analysis, valiéndose del programa escrito para R (2020) (22) por Peeples (23). Los datos fueron estandarizados y el número de conglomerados se determinó empleando como criterio el que la suma de cuadrados del error se hiciera asintótico al eje X; es decir se optimizó el número de grupos que explicaran la mayor parte de la variabilidad en el conjunto de datos.

Agrupamiento por prácticas de manejo de mosca de la fruta

Se realizó también la agrupación de las fincas de acuerdo con las prácticas de manejo de mosca de la fruta (percepción del problema, técnicas y tecnologías de manejo del insecto) (Tabla 2). Este análisis se reali-

zó solo para un subconjunto de 23 fincas que fueron muestreadas. Estas fincas se seleccionaron por tener dos o más hectáreas sembradas en mango, con una población de árboles homogénea (cultivar y edad) y que también permitieran tener, por lo menos, dos fincas por cada conglomerado identificado y realizar los muestreos en corto tiempo durante crecimiento y maduración de fruto (minimizar variabilidad temporal).

La agrupación de las fincas se realizó a partir de un análisis de correspondencia múltiple (método Burt) para la selección de las variables que más aportaron a la categorización de las fincas ($R^2 \geq 0,6$ o $COS2 \geq 0,6$). A partir de estas, se elaboró un dendrograma por agrupación jerárquica en componentes principales (método Ward) mediante el paquete FactoMineR (24) para R (2021) (22).

Muestreo de mosca de la fruta y comparación entre grupos de fincas

Se llevaron a cabo dos muestreos en cada una de las 23 fincas seleccionadas. Para ello, en cada finca se colocaron dos trampas artesanales tipo McPhail; los árboles donde se ubicaron las trampas fueron seleccionados aleatoriamente; se empleó una trampa por árbol, la cual fue colocada a nivel del tercio medio del mismo, buscando una zona protegida del sol directo y con buena ventilación. Como atrayente, se empleó proteína hidrolizada y borizada de maíz (CEBOFRUT, SAFER®), en concentración de 30:220 (v/v) equiva-

Tabla 1. Descripción de las variables bioclimáticas disponibles en WorldClim Version 2 (1970-2000). Resolución de 30 arco-segundos (~1 km² en el Ecuador) (Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Fick & Hijmans, 2017) / *Description of the bioclimatic variables available at WorldClim Version 2 (1970-2000). 30 arc-sec resolution (~1km² at the Equator) (Source: Adapted from Fick & Hijmans, 2017, by authors)*

Variable	Descripción
BIO 1	Temperatura promedio anual (°C)
BIO 2	Rango promedio diario (Promedio mensual (Temperatura máxima -Temperatura mínima (°C)
BIO 3	Isotermalidad (BIO 2/BIO 7) (*100)
BIO 4	Estacionalidad de la temperatura (Desviación estándar*100)
BIO 5	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)
BIO 6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO 5-BIO 6) (°C)
BIO 8	Temperatura promedio del trimestre más húmedo (°C)
BIO 9	Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)
BIO 10	Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)
BIO 11	Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)
BIO 12	Precipitación anual (mm)
BIO 13	Precipitación del mes más húmedo (mm)
BIO 14	Precipitación del mes más seco (mm)
BIO 15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)
BIO 16	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
BIO 17	Precipitación del trimestre más seco (mm)
BIO 18	Precipitación del trimestre más cálido (mm)
BIO 19	Precipitación del trimestre más frío (mm)

lente a 30 ml de proteína por 220 ml de agua. Se calculó el índice Mosca/Trampa/Día (8) para *A. obliqua* como variable respuesta. Se tuvo en cuenta solo esta especie por ser las más abundante y de mayor importancia económica para el mango Azúcar en el área de estudio:

Índice Mosca/Trampa/Día:

No. de moscas / (No. de trampas * No. de días)

Donde:

No. de moscas: No. de individuos de moscas de la fruta que caen en la trampa

No. de trampas: No. de trampas colocadas en campo

No. de días: No. de días que duran las trampas en campo

Los muestreos se realizaron en 2017 en los meses marzo (fase de formación de frutos) y junio (fase de maduración de frutos). Las trampas McPhail se dejaron expuestas durante 15 días en cada muestreo. Una vez finalizado el tiempo se recolectaron las trampas y se contabilizaron los individuos de mosca de la fruta encontrados. Esta actividad se hizo a través del permiso marco de recolección 1466 del 2014 otorgado por el ANLA a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Los especímenes de mosca capturados se conservaron en alcohol al 70 % y la identificación hasta especie de los individuos pertenecientes al género *Anastrepha* se realizó empleando las claves de Korytkowski (25) y Hernández-Ortiz *et al.* (26).

Previo a la comparación de los índices de Mosca/Trampa/Día entre grupos de fincas, se realizó un análisis de contingencia mediante la prueba exacta de Fisher (27), para determinar la independencia entre las variables: nivel de tecnificación y nivel de precipitación. Para este análisis, las fincas se identificaron como de baja tecnificación cuando realizaron dos o menos labores de manejo de mosca de la fruta y como de media a alta tecnificación cuando realizaron más de dos labores. En cuanto a la precipitación, las fincas se agruparon en dos categorías: de precipitación anual, entre 500 - 1000 mm y por encima de 1000 hasta 2000 mm, lo cual corresponde aproximadamente a las

zonas de vida de bosque muy seco tropical (bms-T) y bosque seco tropical (bs-T), respectivamente, de acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge (28).

Los promedios de los índices de Mosca/Trampa/Día para *A. obliqua* se compararon entre grupos de fincas definidas por las variables climáticas y altitud (m), y por las prácticas de manejo y percepción de los productores del nivel de mosca en sus predios, empleando en cada caso un análisis de varianza de Kruskal-Wallis, ya que los datos no se ajustaron a la distribución normal (Shapiro-Wilk, $p < 0,05$), pero sí se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianzas ($p > 0,05$) evaluado mediante la prueba Levene modificada por Brown-Forsythe (29).

Finalmente, se realizó un análisis de correlación entre las variables bioclimáticas (Tabla 1), la altitud y los índices Moscas/Trampa/Día (fase de formación y fase de maduración de frutos) de las fincas ($n = 23$), utilizando el coeficiente de correlación de Spearman (ρ).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Agrupamiento por variables de altitud y bioclimáticas

El análisis de K-Means, a partir de las variables de altitud y bioclimáticas, identificó seis conglomerados (Tabla 3).

A partir de un análisis exploratorio de los datos, se encontró que la temperatura promedio anual osciló entre 25,1 y 28,5°C. No obstante, las variables bioclimáticas más contrastantes entre grupos de fincas fueron: la precipitación (mm) anual (BIO12), la precipitación del mes más húmedo (BIO 13), la estacionalidad de la precipitación (BIO 15), la precipitación media del trimestre más húmedo (BIO 16), más seco (BIO 17), más cálido (BIO18) y más frío (BIO 19).

Se identificaron dos conjuntos de fincas (conglomerados 2 y 6) con valores anuales de precipitación entre los 505 y 749 mm pertenecientes a Ciénaga y Santa Marta, respectivamente, que las ubican en

Tabla 2. Prácticas de manejo de mosca de la fruta documentadas en las encuestas realizadas ($n=44$) a productores de mango Azúcar de Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (Magdalena - Colombia) / *West Indian Fruit fly management practices documented through a survey applied to Sugar mango growers (n=44) in Ciénaga, Santa Marta and Zona Bananera (Magdalena - Colombia)*

Variable	Descripción	Calificación
1	Nivel de percepción de mosca de la fruta en la finca.	No reporta (0), bajo (1), medio (2), alto (3)
2	Realiza recolección y entierro de frutos sobremaduros.	No (0), Sí (1)
3	Emplea trampas McPhail para monitoreo de moscas de la fruta.	No (0), Sí (1)
4	Emplea trampas Jackson para monitoreo de moscas de la fruta.	No (0), Sí (1)
5	Emplea entomopatógenos, insecticidas de síntesis biológica o extractos vegetales para manejo de mosca de la fruta.	No (0), Sí (1)
6	Libera o conserva controladores biológicos (parasitoides y depredadores) para manejo de mosca de la fruta.	No (0), Sí (1)
7	Usa métodos de control químico para manejo de mosca de la fruta.	No (0), Sí (1)
8	Realiza monitoreo para tomar decisiones de manejo de mosca de la fruta.	No (0), Sí (1)

el bms-T; dos grupos de fincas (conglomerados 1 y 5) con valores medios anuales de precipitación entre 1291 y 1621 mm ubicadas en Zona Bananera y Santa Marta, respectivamente, los cuales difirieron marcadamente en los valores medios de precipitación durante el trimestre más frío del año (BIO 19). Un conjunto (conglomerado 4) compuesto por fincas con valores medios anuales de precipitación entre 788 y 1168 mm pertenecientes a Santa Marta, y un último grupo (conglomerado 3) conformado por una finca con un valor medio anual de precipitación de 1921 mm ubicada en Santa Marta; los anteriores, pertenecientes al bs-T.

Agrupamiento por prácticas de manejo de mosca de la fruta

El análisis de agrupamiento de las fincas por prácticas de manejo y la percepción de densidad poblacional de moscas de la fruta, arrojó cinco grupos (Tabla 4); se encontró que las variables 5 y 6 (Tabla 2) no contribuyeron a la definición de estos. Se identificaron dos grupos principales de fincas, que se diferenciaron por la realización o no del monitoreo de moscas de la fruta para la toma de decisiones. Dentro del primer grupo (A, B y C), el conjunto de fincas se diferenció principalmente por el uso o no de trampas Jackson y, dentro del segundo grupo (D y E), el conjunto de fincas se diferenció principalmente por la realización o no de la labor de recolección y enterrado de frutos sobremaduros (Fig. 1).

En el área de estudio, el 26 % de las fincas no realizó manejo de mosca de la fruta. El empleo de trampas McPhail (65 %) y la recolección y enterrado de frutos sobremaduros (78 %) fueron las estrategias de manejo más utilizadas; sin embargo, llama la atención que algunas fincas, si bien emplearon las trampas McPhail para el monitoreo de las moscas de la fruta, no usaron el índice de Mosca/Trampa/Día para la toma de

decisiones de manejo (13 %). La siguiente estrategia más utilizada fue el manejo químico (65 %). En contraste, ninguna de las fincas realizó control biológico y solo dos (9 %) combinaron más de una estrategia de manejo (cultural y químico). Las áreas donde los productores percibieron la mosca de la fruta como un problema limitante coincidieron con las zonas de mayor pluviosidad anual (conglomerados 1, 3, 4, 5, Tabla 3).

Muestras de mosca de la fruta y comparación entre grupos de fincas

Se contabilizaron 910 especímenes de tefrítidos en las 92 trampas procesadas durante los dos muestreos. *A. obliqua* representó el 93,41 % de las capturas, *A. fraterculus* 4,17 %, *A. serpentina* 1,65 %, y *Anastrepha cf. bezzii* (Lima), *A. striata*, *Hexachaeta* sp. y *C. capitata* 0,77 %.

La diversidad de especies encontrada en este estudio coincide con los resultados obtenidos por Morales *et al.* (30) y Rodríguez-Rodríguez *et al.* (31), quienes afirmaron que la mayor riqueza y diversidad de especies de moscas de la fruta capturadas se debe a la gran diversidad de otros frutales en el traspatio de las plantaciones. Situación similar que fue evidenciada, aunque no cuantificada, en los municipios donde se adelantó esta investigación, donde hay un gran número de otros frutales hospedantes de estas especies en los alrededores y asociados a las plantaciones.

Para el caso de *A. obliqua* de los hospedantes reportados (32), los más comúnmente encontrados en la zona de estudio fueron *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae), *Averrhoa carambola* L. (Oxalidaceae), *Coffea arabica* L. (Rubiaceae), *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae), *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore y Stearn (Sapotaceae), *Terminalia catappa* L. (Combretaceae),

Tabla 3. Composición de los conglomerados de fincas productoras de mango Azúcar del departamento Magdalena, Colombia, de acuerdo con variables bioclimáticas y altitud (m) / *Composition of clusters of Sugar mango farms in Magdalena department (Colombia). The clusters were defined according to bioclimatic variables and altitude (m)*

Conglomerado (Número de fincas)	Fincas*	Municipios
1 (3)	ZBCC (1), ZBSJ (2), ZBLM (3)	Zona Bananera
2 (20)	CLM (4), CMC (5), CMM (6), CEB (7), CLBen (8), CG (9), CLC (10), CLBar (11), CPF (12), CSF, CCB, CC, CEV, CVE, CER, CJ, CLE, CND, CArt, CLD,	Ciénaga
3 (1)	SMBVL	Santa Marta
4 (14)	SMVR (13), SMEC (14), SMELM (15), SMLMad (16), SMLMil (17), SMSP (18), SMVA (19), SMEA, SMLR, SMMVL, SM19, SMCur, SMEM	Santa Marta (comuna Central y corregimiento Bonda)
5 (3)	SMON (20), SMPM (21), SMLV	Santa Marta (corregimiento Guachaca)
6 (3)	SMVC (22), SMAvil (23), SMLM	Santa Marta (comuna Central)

*Los números entre paréntesis identifican las 23 fincas seleccionadas para los análisis de agrupamiento por prácticas de manejo y muestreo de moscas de la fruta.

*Numbers in parenthesis indicate the 23 farms that were selected for cluster analysis according to management practices and fruit fly sampling.

Psidium guajava L., *Spondias mombin* L. y *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L. Perry (Myrtaceae).

El análisis de contingencia realizado para las variables nivel de tecnificación y zonas de vida, no detectó dependencia entre estas para la muestra analizada ($p=0,18$). Por lo tanto, las comparaciones de los índices de Mosca/trampa/Día promedio entre grupos de fincas definidos por variables ambientales y variables de manejo se realizaron con la confianza de que la ubicación geográfica de las fincas, en áreas más húmedas o secas (bs-T, bms-T); no influyó en el nivel de tecnificación observado y viceversa, de manera que fuera imposible distinguir entre ambos tipos de efectos al realizar las comparaciones.

Los valores promedio del índice de Mosca/Trampa/Día para cada uno de los cinco conglomerados definidos por variables climáticas y altitud (m) mostraron diferencias significativas y altamente significativas para el primer (H 01 = 11,15; gl = 4; $p=0,025$) y segundo muestreo (H 02 = 15,72; gl = 4; $p=0,003$), respectivamente (Tabla 5). El grupo 3 fue excluido porque estuvo conformado por solo una finca, por lo que no fue posible hacer un análisis de varianza (Tabla 3).

Solo en el segundo muestreo se observaron diferencias significativas en el índice Moscas/Trampa/Día entre las fincas ubicadas en las zonas más secas de Ciénaga y Santa Marta, con un menor promedio (conglomerados 2 y 6, Tabla 2) que las fincas ubicadas en

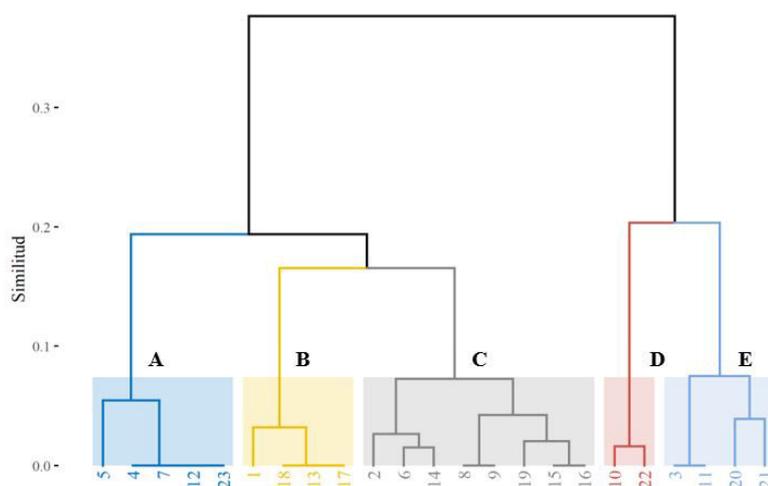


Figura 1. Grupos de fincas productoras de mango Azúcar de Magdalena (Colombia) definidos por prácticas de manejo de mosca de la fruta mediante agrupación jerárquica en componentes principales (método Ward) / *Cluster groups for Magdalena (Colombia) Sugar mango farms. The clusters were defined by fruit fly management practices through Hierarchical Clustering on Principal Components.*

Tabla 4. Características de los grupos de fincas productoras de mango Azúcar del departamento de Magdalena (Colombia) / *Characteristics of Sugar mango groups of farms in Magdalena department (Colombia). The groups were determined by cluster analysis based on management practices.*

Grupo (Fig. 1) Fincas	Descripción
A (Azul oscuro) 4, 5, 7, 12 y 23	Fincas que recolectan y entierran los frutos sobremaduros. Realizan monitoreo para la toma de decisiones de manejo mediante trampas McPhail y trampas Jackson, y utilizan estrategias de control químico. Los productores percibieron en un nivel bajo o no reportaron poblaciones de mosca de la fruta en la finca.
B (Amarillo) 1, 13, 17 y 18	Fincas que realizan monitoreo para la toma de decisiones de manejo mediante trampas McPhail y que utilizan estrategias de control químico. El 75 % de las fincas realiza recolección y entierro de frutos sobremaduros y ninguna utiliza trampas Jackson. Los productores percibieron en un nivel alto las poblaciones de mosca de la fruta en la finca.
C (Gris) 2, 6, 8, 9, 14, 15, 16 y 19	Fincas que recolectan y entierran los frutos sobremaduros. El 62,5 % de las fincas realizan monitoreo para la toma de decisiones de manejo; sin embargo, solo el 40 % lo hace mediante trampas McPhail y el 80 % emplea estrategias de control químico. Ninguna de las fincas utiliza trampas Jackson. Los productores percibieron en un nivel bajo las poblaciones de mosca de la fruta en la finca.
D (Rojo) 10 y 22	Fincas que recolectan y entierran los frutos sobremaduros. No realizan monitoreo para la toma de decisiones de manejo y no utilizan trampas Jackson ni emplean estrategias de control químico. El 50 % de las fincas utiliza trampas McPhail. Los productores percibieron en un nivel medio las poblaciones de mosca de la fruta en la finca.
E (Azul claro) 3, 11, 20 y 21	Fincas que no recolectan ni entierran los frutos sobremaduros. No realizan monitoreo para la toma de decisiones de manejo y no utilizan trampas McPhail ni trampas Jackson. El 25 % de las fincas emplea estrategias de control químico. El 50 % de los productores no reportaron poblaciones de mosca de la fruta en la finca, el 25 % reportó un nivel bajo e igual porcentaje un nivel alto.

las zonas más húmedas de Santa Marta (corregimiento Bonda y Guachaca conglomerados 4 y 5). Las fincas de Zona Bananera (conglomerado 1) tuvieron un índice Mosca/Trampa/Día similar a las fincas de las zonas secas (conglomerados 2 y 6), durante el primer muestreo en época de formación de fruto. En contraste, durante el segundo muestreo en época de maduración de frutos, el índice Mosca/Trampa/Día fue similar al de las fincas de las zonas más húmedas (conglomerados 4 y 5) (Tabla 4). Solo las fincas pertenecientes al conglomerado 2 mantuvieron un índice Mosca/Trampa/Día por debajo del umbral de acción ($p \leq 0,5$) en los dos muestreos.

Se ha encontrado que la variación de factores climáticos locales y globales influyen a la dinámica poblacional de las moscas de la fruta (33). Por ejemplo, las variables que mayor influencia tuvieron sobre la ocurrencia de *A. striata* en guayaba, en un estudio de modelación en Colombia, fueron la temperatura y las variables relacionadas con la precipitación (13). De manera similar en el trabajo realizado por Teixeira *et al.* (15), la temperatura media anual y la precipitación del mes más húmedo fueron las variables de mayor influencia sobre las poblaciones de *A. grandis*.

La fluctuación poblacional de los tefritidos *Bactrocera dorsalis* (Hendel) y *C. cosyra* Walker siguió los mismos patrones que la temperatura y la precipitación en un cultivo de mango en Mozambique (33). Por su parte, Isiordia-Aquino *et al.* (34) hallaron una correlación negativa entre la humedad relativa y el índice Mosca/Trampa/Día calculado para *A. ludens* y *A. striata*, y entre la temperatura mínima mensual y el índice Mosca/Trampa/Día calculado para *A. striata* y positiva entre la temperatura mínima mensual y el índice Mosca/Trampa/Día calculado para *A. obliqua*.

Se ha informado sobre la influencia positiva de la precipitación en la dinámica poblacional de especies de moscas de la fruta, principalmente en la supervivencia de las pupas (35), dado que la etapa de pupa ocurre en el suelo y existe la necesidad de humedad

para permitir la emergencia de adultos (36). Especies como *A. obliqua* dependen de los climas húmedos para completar su ciclo de vida (14).

Las condiciones ambientales también son influyentes al moldear las características de los ecosistemas naturales donde se encuentran las poblaciones de moscas. Para el rango altitudinal muestreado (7-185 m), se encontró una correlación positiva entre pluviosidad y altitud; y de estas variables con el Índice Mosca/Trampa/día en fase de maduración de frutos. Este resultado concuerda con lo encontrado por Flores *et al.* (37) en café (*C. arabica*) (Guatemala, altitud 400-1800 m) y por Vargas *et al.* (38) (Hawaii, USA) en diversos hospederos como café, naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), mango, guayaba (*P. guajava*) y fresa (*Fragaria vesca* L.) para *C. capitata*, donde a mayor altitud de las localidades se hallaron mayores poblaciones de la mosca. En contraste, Salazar-Mendoza *et al.* (16) (Perú, altitud 800-1900 m) encontraron una relación negativa entre la elevación y las poblaciones de mosca de la fruta en guayaba variedad White, hallando una mayor abundancia y riqueza de especies de estos insectos en elevaciones bajas. Por lo tanto, se debe tener en cuenta el rango altitudinal de los estudios, la latitud, la distribución de los hospederos y la correlación con otras variables ambientales al realizar comparaciones de resultados en este tipo de estudios.

Los menores índices relativos de Mosca/Trampa/Día encontrados en los conglomerados de fincas con mayor estacionalidad de las lluvias (BIO15), podrían estar relacionados con la baja disponibilidad de alimentos para las larvas y adultos de las moscas de la fruta durante los periodos de sequía. Además, se encontraron mayores capturas de mosca de la fruta en los conglomerados de fincas con los promedios de precipitación más altos, por lo que la lluvia pudo tener un efecto positivo en las capturas de mosca de la fruta, al aumentar la disponibilidad de alimento (hospedantes alternos) y favorecer la emergencia de adultos. Por lo que, la asociación entre variables climáticas y los

Tabla 5. Comparación del índice Mosca/Trampa/Día (MTD) de *A. obliqua* entre grupos de fincas productoras de mango Azúcar del departamento Magdalena (Colombia). Grupos definidos por variables bioclimáticas y altitud (m). Muestreo 1 formación de frutos (H 01 = 11,15; gl = 4; p = 0,025), Muestreo 2 maduración de frutos (H 02 = 15,72; gl = 4; p = 0,003) / Comparison of Fly/Trap/Day index (FTD) for *A. obliqua* among clusters of Sugar mango farms in Magdalena department (Colombia). Groups were defined by bioclimatic variables and altitude (m). First visit, fruit growth (H 01 = 11.15; df = 4; P = 0.025), Second visit, fruit ripening (H 02 = 15.72; df = 4; P = 0.003).

C	n	Muestreo 1 - Formación de frutos	Muestreo 2 - Maduración de frutos
		MTD ± DE	MTD ± DE
01	3	0,33 ± 0,38 ab	2,45 ± 1,93 a
02	9	0,05 ± 0,09 ab	0,14 ± 0,19 b
04	7	0,70 ± 0,46 a	4,65 ± 3,90 a
05	2	0,86 ± 0,76 a	2,93 ± 2,73 a
06	2	0,20 ± 0,09 ab	0,66 ± 0,80 ab

C: Conglomerado, n: Número de fincas. DE: Desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre las medias de los rangos de los conglomerados. Prueba t-Student ($t = 3,196, p < 0,05$) / C: Cluster, n: Number of farms. FTD: Fly/Trap/Day index, SD: Standard Deviation. Different letters in the same column indicate significant differences among the means of the cluster ranges. t-Student test ($t = 3.196, p < 0.05$).

parámetros poblacionales resultan inherentes a la interacción entre la diversidad de especies hospedantes, las especies de mosca de la fruta, el clima y el manejo, variando entre regiones (33).

El mismo análisis se realizó para comparar los valores promedio del índice Mosca/Trampa/Día entre los 5 grupos definidos por criterios de manejo (Tabla 4); sin embargo, no se hallaron diferencias significativas en los valores promedio de Mosca/Trampa/Día (MTD) en el muestreo durante la formación de frutos (H 01 = 5,08; gl = 4; $p = 0,278$) y si se hallaron diferencias significativas en el muestreo durante la maduración de frutos (H 02 = 9,52; gl = 4; $p = 0,049$) (Tabla 6), específicamente entre el conglomerado A con el menor índice Mosca/Trampa/Día y el conglomerado B con el mayor.

A pesar de que en ambos grupos se implementaron varias prácticas recomendadas para el manejo de mosca de la fruta (monitoreo con trampas McPhail, uso de umbrales de acción, recolección y entierro de frutos sobremaduros y control químico), las capturas fueron contrastantes, lo cual coincide con lo reportado en las encuestas, un nivel bajo de mosca de la fruta para el grupo A y alto para el grupo B.

Al revisar la distribución de las fincas de los grupos A y B en los conglomerados definidos por K-Means, se encontró que las fincas del grupo A se encuentran en las áreas con menor precipitación promedio anual conglomerados 2 (637,7 mm) y 6 (531 mm), mientras que, las fincas del grupo B se encuentran en las áreas de mayor precipitación promedio anual conglomerados 1 (1419 mm) y 3 (1921 mm), lo que lleva a plantear la hipótesis de un efecto predominante de las condiciones ambientales (precipitación) sobre las capturas de mosca de la fruta.

En la Tabla 7 se resumen las correlaciones significativas halladas entre las variables bioclimáticas, la altitud y los índices Moscas/Trampa/Día en fase de formación (MTD1) y fase de maduración de frutos (MTD2). Se encontró una correlación positiva entre

la altitud y la precipitación anual ($\rho = 0,48$; $P = 0,022$). Esto significa que, para el área de estudio, las fincas ubicadas a mayor altitud presentaron mayor precipitación. La altitud, la estacionalidad de la temperatura (BIO 4), la precipitación anual (BIO 12), precipitación del mes más húmedo (BIO 13), más seco (BIO 14), del trimestre más húmedo (BIO 16), más seco (BIO 17), más cálido (BIO 18) y más frío (BIO 19) se correlacionaron positivamente con el índice Mosca/Trampa/Día en ambos muestreos ($\rho \geq 0,43$; $p \leq 0,041$). La tendencia encontrada fue que, a mayor precipitación, mayores capturas de mosca de la fruta.

En contraste, la estacionalidad de la precipitación (BIO 15) se correlacionó negativamente con el índice Mosca/Trampa/Día en ambos muestreos (ρ (MTD1) = -0,61; $P = 0,002$ y ρ (MDT2) = -0,69; $p < 0,001$). A mayor variabilidad en la precipitación, menores capturas de mosca de la fruta. índice Mosca/Trampa/Día (MTD). De ahí que se pueda inferir que las capturas de mosca de la fruta pueden ser afectadas por una alta variación anual en las lluvias.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede afirmar que, bajo las condiciones del muestreo realizado, la precipitación fue la variable que tuvo mayor relación con la existencia de áreas con bajas y altas capturas de *A. obliqua* en el cultivo de mango, las cuales difirieron significativamente entre ellas.

En las áreas secas, independiente del tipo de manejo, existió una baja incidencia de mosca de la fruta. En contraste, en áreas más lluviosas, todas las fincas que implementaron medidas de control presentaron altos niveles de mosca (MTD en muestreo de maduración de frutos > 0,5). Los resultados del presente estudio tienen implicaciones importantes en la medida que se logren discernir los mecanismos detrás de la relación entre la precipitación y las poblaciones de moscas de la fruta, de modo que permitan construir modelos, realizar predicciones y hacer recomendaciones de manejo.

Tabla 6. Comparación del índice Mosca/Trampa/Día (MTD) de *A. obliqua* entre grupos de fincas productoras de mango Azúcar del departamento Magdalena (Colombia). Grupos definidos por prácticas de manejo. Muestreo 1 formación de frutos (H 01 = 5,08; gl = 4; $P = 0,278$), Muestreo 2 maduración de frutos (H 02 = 9,52; gl = 4; $P = 0,049$). / *Comparison of Fly/Trap/Day index for A. obliqua among clusters of Sugar mango groups of farms in Magdalena department (Colombia). Groups were defined by management practices. First visit, fruit growth (H 01 = 5.08; df = 4; P = 0.278), Second visit. Fruit ripening (H 02 = 9.52; df = 4; P = 0.049).*

Grupo	N	Muestreo 1 - Formación de frutos	Muestreo 2 - Maduración de frutos
		MTD ± DE	MTD ± DE
A	5	0,04 ± 0,06 a	0,10 ± 0,08 b
B	4	0,64 ± 0,45 a	5,55 ± 4,10 a
C	8	0,41 ± 0,49 a	2,18 ± 2,82 ab
D	2	0,23 ± 0,05 a	0,61 ± 0,87 ab
E	4	0,49 ± 0,62 a	1,75 ± 2,11 ab

n: Número de fincas. DE: Desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre las medias de los rangos de los conglomerados. Prueba t-Student ($t = 3,196$, $p < 0,05$), /

n: Number of farms. FTD: Fly/Trap/Day index, SD: Standard Deviation. Different letters in the same column indicate significant differences among the means of the cluster ranges. t-Student test ($t = 3.196$, $p < 0.05$).

Tabla 7. Matriz de correlación del índice MTD promedio (Moscas/Trampa/Día) de *A. obliqua*, con la altitud y variables bioclimáticas para las fincas productoras de mango Azúcar muestreadas en Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (Magdalena - Colombia). Solo se presentan las correlaciones significativas para los dos muestreos/ *Correlation matrix between mean FTD (Fly/Trap/Day) index for A. obliqua, altitude, and bioclimatic variables calculated for Sugar mango farms sampled in Ciénaga, Santa Marta and Zona Bananera (Magdalena - Colombia). Only significant correlations for both samplings are presented*

Variable	MTD1*		MTD2**	
	ρ	Valor p	ρ	Valor p
Altitud	0,429	0,041	0,609	0,002
BIO 4:				
Estacionalidad de la temperatura (Desviación estándar*100)	0,569	0,005	0,678	< 0,001
BIO 12:				
Precipitación anual (mm)	0,461	0,027	0,658	0,001
BIO 13:				
Precipitación del mes más húmedo	0,463	0,026	0,659	0,001
BIO 14:				
Precipitación del mes más seco	0,639	0,001	0,730	< 0,001
BIO 15:				
Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)	-0,613	0,002	-0,688	< 0,001
BIO 16:				
Precipitación del trimestre más húmedo	0,467	0,025	0,657	0,001
BIO 17:				
Precipitación del trimestre más seco	0,663	0,001	0,750	< 0,001
BIO 18:				
Precipitación del trimestre más cálido	0,504	0,014	0,723	< 0,001
BIO 19:				
Precipitación del trimestre más frío	0,625	0,001	0,681	< 0,001

ρ : Coeficiente de correlación Spearman, p: valor de probabilidad / ρ : Spearman correlation coefficient, p: p-value.

*MTD1 Muestreo formación de frutos/ *FTD1: fruit growth stage sampling.*

**MTD2 Muestreo maduración de frutos/ *FTD2: ripening stage sampling.*

CONCLUSIONES

En el área de estudio, las capturas de *A. obliqua* en mango Azúcar se correlacionaron directamente con la precipitación y la altitud, independientemente de las prácticas de manejo implementadas por los productores. Al comparar las capturas de *A. obliqua* entre grupos de fincas definidos por variables bioclimáticas y prácticas de manejo, se encontró que las fincas ubicadas en las áreas más lluviosas presentaron índices MTD promedio significativamente mayores.

Las prácticas de manejo más frecuentes entre los productores fueron monitoreo de moscas, recolección y enterrado de frutos y aplicación de insecticidas, las cuales resultaron poco efectivas en mantener las poblaciones de mosca de la fruta por debajo del umbral de acción (MTD = 0,5). Se hace evidente entonces la necesidad de construir programas de manejo que incluyan tecnologías más efectivas y que trasciendan el límite del predio, integrando la capacidad técnica de los agricultores y valorando la diversidad de especies hospedantes y plagas, así como los factores climáticos

modulantes de la fenología y el ciclo de vida de las moscas de la fruta, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias al Proyecto “Integración de estrategias biológicas y culturales para el manejo de mosca de la fruta en mango”, desarrollado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Financiado por Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Colombia. Convenio TV-16.

REFERENCIAS

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. [Internet]. 2020 [Consultado: 17/6/2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
2. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. MADR. Cadena del mango Indicadores e

- instrumentos Segundo trimestre 2021. [Internet]. 2021 [Consultado 17/7/2021]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
3. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Plan de manejo de moscas de la fruta. [Internet]. 2013 [Consultado 18/6/2021]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/eb152406-4b6d-4d4f-b363-08c7acda6697/Plan-de-Manejo-de-Moscas-de-La-Fruta.aspx>
 4. Cruz MI, Bacca T, Canal, NA. Diversidad de las moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) y sus parasitoides en siete municipios del departamento de Nariño. Bol Cient Mus His Nat. 2017; 21: 81-98.
 5. Rodríguez PA, Norrbom AL, Peñaranda EA, Balseiro F, Díaz PA, Benitez MC, et al. New records of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) primarily from Colombia. Zootaxa. 2018; 4390: 1-63. Disponible en: <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4390.1.1>
 6. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Boletín epidemiológico No 4. Plan nacional moscas de la fruta Magdalena. [Internet] 2015 [Consultado 19/9/2018]. Disponible en: https://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Epidemiologia-Agricola/2015_PNMF/4-MagdalenaOK.aspx
 7. Sanchez I. Biología comparada de poblaciones colombianas de *Anastrepha fraterculus* y *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). Colombia. [Tesis en opción al título de Biólogo]. Universidad del Tolima, Colombia. 2018:57 p.
 8. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Manual técnico de trampeo de moscas de la fruta. Programa nacional de moscas de la fruta. [Internet]. 2020 [Consultado 24/6/2021]. Disponible en: https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/archivos/manual_moscas_2020.aspx
 9. Ojeda EL. Eficiencia en el monitoreo indirecto para mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied.) en el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata* L.) Pimampiro. Ecuador. [Tesis de pregrado en opción al título en Ciencias Agropecuarias y Ambientales]. Universidad técnica del Norte, Ecuador. 2020:70 p.
 10. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Resolución 5608: “Por medio de la cual se declara un área de baja prevalencia para *Ceratitis capitata* (Wiedemann), localizada en 27 municipios del departamento de Cundinamarca y 16 municipios del departamento de Boyacá”. [Internet]. 2013. Consultado: 19/08/2021. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/84c587c9-9100-4cc4-929c-7993c269c280/2013R5608.aspx>
 11. Villareal P, Mongabure A, Borges CA, Gómez C. Evaluación del impacto económico del programa nacional de control y erradicación de mosca de los frutos Procem Patagonia. [Libro en internet]. Buenos Aires, Argentina: Funbapa; 2018 [acceso 20/01/2022]. Disponible en: https://repositorio.inta.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12123/6566/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAAltoValle_Villareal%20PL_%20Evaluacion_impacto_economico_programa_nacional_control_y_erradicacion_mosca_frutos_procem_patagonia.pdf?sequence=4
 12. Montoya P, Flores S, Toledo J. Effect of rainfall and soil moisture on survival adults and immature stages of *Anastrepha ludens* and *A. obliqua* (Diptera: Tephritidae) under semi-field conditions. Fla Entomol. 2008; 91: 643-650. Disponible en: <https://doi.org/10.1653/0015-4040-91.4.643>
 13. Amat E, Altamiranda-Saavedra M, Canal N, Gómez-Piñerez L. Changes in the potential distribution of the guava fruit fly *Anastrepha striata* (Diptera, Tephritidae) during the current and possible future climate scenarios in Colombia. Bull Ent Res. 2021:1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0007485321000985>
 14. Santos RPD, Silva JG, Miranda EA. The past and current potential distribution of the fruit fly *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) in South America. Neotrop Entomol. 2020; 49: 284-291. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00741-1>
 15. Teixeira C, Krüger A, Nava D, Mello F. Potential global distribution of the south American cucurbit fruit fly *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae). Crop Prot. 2021; 145: 105647. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105647>
 16. Salazar-Mendoza P, Peralta-Aragón I, Romero-Rivas L, Salamanca J, Rodriguez-Saona C. The abundance and diversity of fruit flies and their parasitoids change with elevation in guava orchards in a tropical Andean Forest of Peru, independent of seasonality. Plos one. 2021; 16:1-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250731>
 17. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. MinAgricultura. Agronet. Reporte: Evaluaciones Agropecuarias - EVA y Anuario Estadístico del Sector Agropecuario. Base Agrícola EVA - 2020. [Internet] 2021 [Consultado 11/3/2022]. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59>
 18. Arcila AM, Castillo GP, Pérez L, Abaunza CA, Yacomelo MJ, León R. Modelo productivo de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.) para el departamento del Magdalena [En prensa]. 2022. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Colombia.

19. Fick SE, Hijmans RJ. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 2017; 37: 4302-4325. Disponible en: <https://www.doi.org/10.1002/joc.5086>
20. WorldClim [Internet]. University of California, Davis, CA, USA; c2020-2022 [citado 8 marzo 2022]. Bioclimatic Variables; [aprox. 2 p.]. Disponible en: <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>
21. Abatzoglou JT, SZ Dobrowski SA Parks, KC Hegewisch. Data Descriptor: TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. *SCIENTIFIC DATA* | 5:170191. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>
22. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. 2020; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org>
23. Peeples MA. R script for K-Means Cluster Analysis. 2011. Disponible en: <https://www.mattpeeples.net/kmeans.html>
24. Lê S, Josse J, Husson F. FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software.* 2008;25:1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
25. Korytkowski C. Manual para la identificación de moscas de la fruta. Género *Anastrepha* Schiner, 1868. 2009; Universidad de Panamá, Programa de maestría en entomología. Panamá.
26. Hernández-Ortiz V, Guillén-Aguilar J, López L. Taxonomía e identificación de moscas de la fruta de importancia económica en América. En: Montoya P, Toledo J, Hernández E. (Eds.), *Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo.* 2010; 49-80; México.
27. Agresti A. A survey of exact inference for contingency tables. *Stat Sci.* 1992; 7: 131-153. Disponible en: <https://www.doi.org/10.1214/ss/1177011454>
28. Holdridge LR. *Ecología basada en zonas de vida.* Agroamérica. 1987; No. 83. 216 p.
29. Gastwirth JL, Gel YR, Wallace WL, Lyubchich V, Miao W, Noguchi K. Lawstat: Tools for biostatistics, public policy, and law. R package version 3.4. 2020. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=lawstat>.
30. Morales JA, Barrera JF, Toledo J. Abundancia y distribución espacial de moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.) en huertos de mango cv. "Ataulfo" en la Frailesca, Chiapas, México. *Folia Entomol Mex.* 2018;4:32-41.
31. Rodríguez-Rodríguez SE, González-Hernández H, Rodríguez-Leyva, E, Lomelí-Flores JG, Miranda-Salcedo MA. Species diversity and population dynamics of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Guerrero, Mexico. *Fla Entomol.* 2018; 101: 113-118. Disponible en: <https://www.doi.org/10.1653/024.101.0120>.
32. CABI, CAB International. *Anastrepha obliqua* (West Indian fruit fly). Data sheet. *Invasive Species Compendium.* 2020; CABI. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/5659#tohostOrSpeciesAffected>, ultimo acceso 24 Jun 2021.
33. Bota LD, Fabião BG, Virgilio M, Mwatawala M, Canhangá L, Cugala DR, et al. Seasonal abundance of fruit flies (Diptera: Tephritidae) on mango orchard and its relation with biotic and abiotic factors in Manica Province, Mozambique. *Fruits.* 2018;73:218-277. Disponible en: <https://www.doi.org/10.17660/th2018/73.4.3>.
34. Isiordia-Aquino N, Robles-Bermúdez A, Cambero-Campos OJ, Santillán-Ortega C, Jiménez-Meza VM, Flores-Canales RJ. Fluctuation in abundance of adult fruit flies at Rosamorada and San Blas, Nayarit, México. *Southwest Entomol.* 2017;42:731-744. Disponible en: <https://www.doi.org/10.3958/059.042.0312>.
35. Mesquita W, De Souza-Filho MF, Raga A, Stocco AS, Marques A, De Marchi MJ, et al. Climatic and edaphic characteristics constrain the distribution of the quarantine pest *Anastrepha grandis*. *Entomol Exp Appl* 2021;169:586-596. Disponible en: <https://www.doi.org/10.1111/eea.13065>.
36. Aluja M. Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annu Rev Entomol.* 1994; 39:155-178. Disponible en: <https://www.doi.org/10.1146/annurev.en.39.010194.001103>.
37. Flores S, Montoya P, Ruiz-Montoya L, Villaseñor A, Valle A, Enkerlin W, et al. Population fluctuation of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) as a function of altitude in Eastern Guatemala. *Environ Entomol.* 2016;45:802-811. Disponible en: <https://www.doi.org/10.1093/ee/nvw051>.
38. Vargas RL, Harris EJ, Nishida T. Distribution and seasonal occurrence of *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on the island of Kauai in the Hawaiian Islands. *Environ Entomol.* 1983; 12: 303-310. Disponible en: <https://www.doi.org/10.1093/ee/12.2.303>

Conflictos de interés: Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

Contribución de los autores: AMAC: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Supervisión, Escritura – borrador original, Redacción: revisión y edición. JCGC: Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Visualización, Escritura – borrador original, Redacción: revisión y edición. CEBB: Curación de datos, Investigación, Escritura – borrador original, Redacción: revisión y edición. CAAG: Escritura – redacción-revisión y edición, Curación de datos (Depuración de datos), Conceptualización (ideas para objetivos generales de la investigación). EHVD: Conceptualización, adquisición de fondos, escritura, borrador original, redacción-revisión, edición.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)