

Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica y
Tecnológica

Coordinación de Inteligencia Científica

ESCANEEO CIENTÍFICO

LÍNEA DE TRABAJO EN TÉCNICAS MANEJO MOSCA MEDITERRÁNEO

DOI: [10.21930/agrosavia.escaneocientifico.2022.2](https://doi.org/10.21930/agrosavia.escaneocientifico.2022.2)

Autores:

Carlos Alberto Contreras Pedraza, M.Sc.

ORCID: [0000-0001-7138-2147](https://orcid.org/0000-0001-7138-2147)

[Google Scholar](#)

Leidy Johanna Cardenas, M.Sc.

ORCID: [0000-0001-5471-7160](https://orcid.org/0000-0001-5471-7160)

[Google Scholar](#)

Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica y Tecnológica

Coordinación de Inteligencia Científica

CRIS AGROSAVIA: <https://vivo.agrosavia.co>

Correo de contacto: inteligenciaydivulga@agrosavia.co

Año del estudio: 2022

Tabla de contenido

Entorno científico tecnológico e internacional	4
Indicadores de producción científica	5
Principales fuentes de difusión y consulta.....	6
Publicaciones más citadas	7
Publicaciones más recientes	8
Referentes en investigación, autores, instituciones, países y fuentes de consulta	9
Tópicos Tendenciales	10
Mapa de distribución temática	11
Red de Coocurrencia de tópicos	13
Red de Coocurrencia temporal de tópicos	15
Análisis información sobre técnicas manejo mosca mediterráneo	16
Bibliografía	27

Lista de Figuras

Figura 1. Dinámica de publicaciones Técnicas manejo mosca mediterráneo	4
Figura 2. Referentes en investigación, autores, instituciones, países y fuentes de consulta	10
Figura 3. Tópicos tendenciales Técnicas manejo mosca mediterráneo.....	11
Figura 4. Mapa temático de distribución de tópicos	12
Figura 5. Red de coocurrencia de tópicos clave.....	14
Figura 6. Red de coocurrencia de tópicos – línea temporal.....	15

Lista de Tablas

Tabla 1. Estrategia de búsqueda Técnicas manejo mosca mediterráneo	4
Tabla 2. Indicadores bibliométricos de la producción científica	5
Tabla 3. Principales países e instituciones internacionales.....	5
Tabla 4. Top 5 investigadores líderes y Top 5 instituciones nacionales	5
Tabla 5. Indicadores e índices de la producción científica.....	6
Tabla 6. Cinco Publicaciones más citadas.....	7
Tabla 7. Cinco Publicaciones más recientes	8
Tabla 8. Explicación de las áreas del mapa temático.....	12

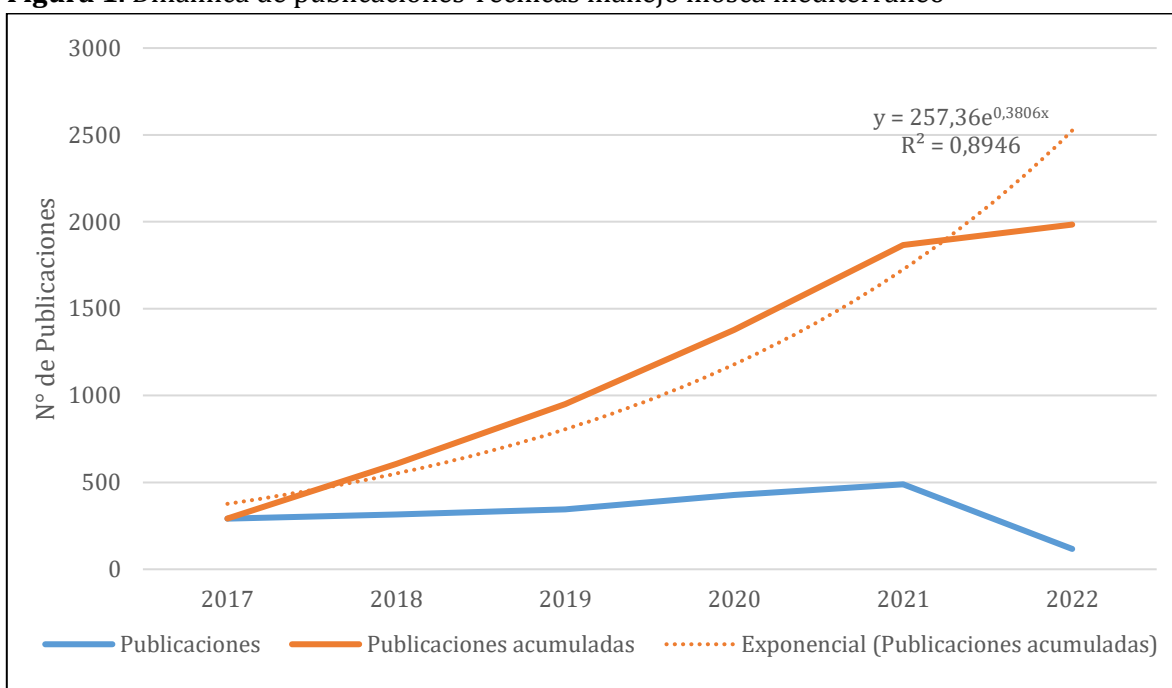
Área de conocimiento	Agroindustrial
Red de innovación	Transversal
Temática de interés	Técnicas manejo mosca mediterráneo

Entorno científico tecnológico e internacional

Tabla 1. Estrategia de búsqueda Técnicas manejo mosca mediterráneo

Indicador	Descripción
Fuente de consulta	Scopus
Ecuación de búsqueda	TITLE-ABS-KEY (("Mediterranean fruit fly" OR "Ceratitis capitata" OR wiedemann OR "Diptera W/2 Tephritidae") AND ("Sterile W/2 Insect Techn*" OR sit))

Figura 1. Dinámica de publicaciones Técnicas manejo mosca mediterráneo



Tasa de crecimiento: 29%

Fuente. Elaborado a partir de datos de Scopus®, fecha de consulta abril de 2022. Software de análisis Excel®

Indicadores de producción científica

Tabla 2. Indicadores bibliométricos de la producción científica

Indicadores de Bibliometrix
<ul style="list-style-type: none"> • Número de publicaciones: 185 • Citaciones promedio por artículo: 16,38 • Citaciones promedio por artículo al año: 2,24 • Colaboración Internacional: 4,2% • Investigadores: 765

Tabla 3. Principales países e instituciones internacionales

Países líderes	Top 5 instituciones internacionales
<ul style="list-style-type: none"> • Estados Unidos, 41 publicaciones • España, 26 publicaciones • Austria, 21 publicaciones • Italia, 21 publicaciones • Brasil, 19 publicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE USDA, 26 publicaciones • INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 19 publicaciones • FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO, 15 publicaciones • EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA EMBRAPA, 11 publicaciones • UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 8 publicaciones

Tabla 4. Top 5 investigadores líderes y Top 5 instituciones nacionales

Top 5 instituciones nacionales	Top 5 Investigadores líderes
<ul style="list-style-type: none"> • UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, 3 publicaciones • UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2 publicaciones • ALLIANCE, 1 publicación • GRP INVEST ENTOMOL AMBIENTALES GENA, 1 publicación 	<ul style="list-style-type: none"> • Caceres, Carlos E.; International Atomic Energy Agency: 65 publicaciones, 910 citaciones • Bourtzis, Kostas; International Atomic Energy Agency: 193 publicaciones, 4.277 citaciones • Vargas, Roger I.; United States Department of Agriculture (USDA): 157 publicaciones, 2.473 citaciones

Top 5 instituciones nacionales	Top 5 Investigadores líderes
<ul style="list-style-type: none"> INTERNATIONAL CENTER FOR TROPICAL AGRICULTURE CIAT, 1 publicación 	<ul style="list-style-type: none"> Vreysen, Marc J. B.; Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO): 147 publicaciones, 1.598 citaciones Benelli, Giovanni; University of Pisa: 464 publicaciones, 7.142 citaciones

Principales fuentes de difusión y consulta

Tabla 5. Indicadores e índices de la producción científica

Principales fuentes de difusión y consulta	Breve descripción
Journal of Economic Entomology	Esta revista científica se enfoca en la investigación relacionada con la entomología económica, es decir, el estudio de insectos que afectan directamente a la agricultura, la salud pública y la industria forestal. Publica artículos originales, revisiones y notas cortas sobre diversos aspectos de la ecología, biología, comportamiento y control de insectos.
Florida Entomologist	Esta revista aborda la investigación en el campo de la entomología, con un enfoque particular en la flora y fauna de Florida y áreas circundantes. Publica artículos científicos originales, revisiones y notas cortas sobre taxonomía, ecología, comportamiento, control y otros aspectos relacionados con los insectos y otros artrópodos.
Insects	Insects es una revista de acceso abierto que cubre una amplia gama de temas relacionados con los insectos, incluyendo su biología, ecología, comportamiento, fisiología, taxonomía y control. Publica artículos de investigación originales, revisiones, comunicaciones breves y comentarios sobre todos los aspectos de los insectos y su interacción con el medio ambiente.
Journal of Applied Entomology	Esta revista se centra en la aplicación práctica de la entomología en la gestión de plagas y en la protección de cultivos. Publica investigaciones originales, revisiones y notas cortas que abordan métodos de control de insectos, evaluación de plaguicidas, biotecnología aplicada a la entomología, y otras áreas relacionadas con el control de plagas en la agricultura y la silvicultura.

Principales fuentes de difusión y consulta	Breve descripción
Crop Protection	Esta revista se dedica a la protección de cultivos agrícolas contra plagas, enfermedades y malezas. Publica investigaciones originales, revisiones y comunicaciones cortas sobre métodos de control integrado de plagas, resistencia de cultivos, biotecnología agrícola y otros aspectos relacionados con la protección de los cultivos agrícolas.
Entomologia Experimentalis et Applicata	Esta revista aborda tanto la investigación básica como la aplicada en el campo de la entomología. Publica estudios experimentales sobre la biología, ecología, fisiología y comportamiento de los insectos, así como investigaciones aplicadas relacionadas con el control de plagas, la biotecnología agrícola y la conservación de insectos beneficiosos.

Fuente: Elaboración propia

Publicaciones más citadas

Tabla 6. Cinco Publicaciones más citadas

Autores	Título	citas	DOI
Williams, T; Valle, J; Vinuela, E (2003). BIOCONTROL SCIENCE AND TECHNOLOGY	Is the naturally derived insecticide Spinosad (R) compatible with insect natural enemies?	266	10.1080/0958315031000140956
Rosell, G; Quero, C; Coll, J; Guerrero, A (2008). JOURNAL OF PESTICIDE SCIENCE	Biorational insecticides in pest management	114	10.1584/jpestics.R08-01
Ekesi, S; Maniania, NK; Lux, SA (2002). BIOCONTROL	Mortality in three African tephritid fruit fly puparia and adults caused by the entomopathogenic fungi,	104	10.1080/09583150120093077

Autores	Título	citas	DOI
SCIENCE AND TECHNOLOGY	Metarhizium anisopliae and Beauveria bassiana		
Benelli, G; Daane, KM; Canale, A; Niu, Chang-Ying; Messing, RH; Vargas, RI (2014). JOURNAL OF PEST SCIENCE	Sexual communication and related behaviours in Tephritidae: current knowledge and potential applications for Integrated Pest Management	98	10.1007/s10340-014-0577-3
Papanicolaou, Alexie; et al. (2016). GENOME BIOLOGY	The whole genome sequence of the Mediterranean fruit fly, Ceratitis capitata (Wiedemann), reveals insights into the biology and adaptive evolution of a highly invasive pest species	91	10.1186/s13059-016-1049-2

Fuente: Elaboración propia

Publicaciones más recientes

Tabla 7. Cinco Publicaciones más recientes

Autores	Título	Número de citas	DOI
Harris, Colin; et al. (2022). AUSTRAL ENTOMOLOGY	Conservation biological control of the fruit fly parasitoid Fopius arisanus (Hymenoptera: Braconidae)	0	10.1111/aen.12614
Diksha; Mahajan, Evani; Singh, Sumit; Sohal, Satwinder Kaur. (2022).	Potential biological control agents of Zeugodacus	0	10.1111/jen.13044

Autores	Título	Número de citas	DOI
JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY	cucurbitae (Coquillett): A review		
Martins, David dos Santos; et al. (2022). CROP PROTECTION	Coffea arabica and C. canephora as host plants for fruit flies (Tephritidae) and implications for commercial fruit crop pest management	1	10.1016/j.cropro.2022.105946
Cirjak, Dana; Miklečić, Ivana; Lemić, Darija; Kos, Tomislav; Živković, Ivana Pajac. (2022). HORTICULTURAE	Automatic Pest Monitoring Systems in Apple Production under Changing Climatic Conditions	0	10.3390/horticulturae8060520
Desurmont, G. A.; Tannieres, m; Roche, M; Blanchet, A; Manoukis, NC	Identifying an Optimal Screen Mesh to Enable Augmentorium-Based Enhanced Biological Control of the Olive Fruit Fly <i>Bactrocera oleae</i> (Diptera: Tephritidae) and the Mediterranean Fruit Fly <i>Ceratitis capitata</i> (Diptera: Tephritidae)	0	10.1093/jisesa/ieac027

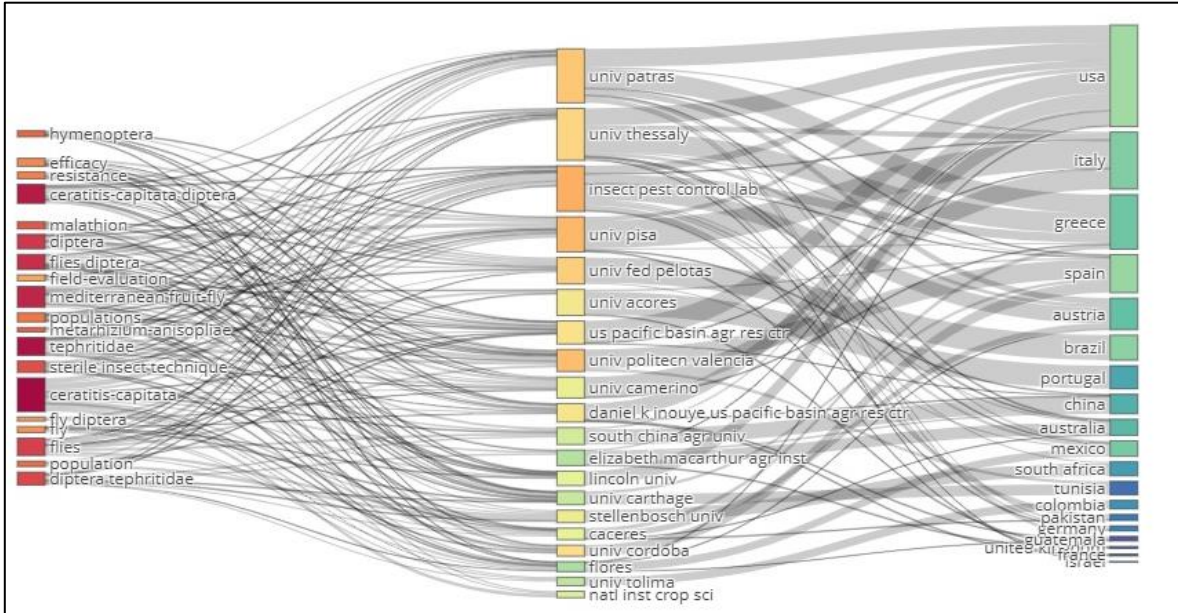
Fuente: Elaboración propia

Referentes en investigación, autores, instituciones, países y fuentes de consulta

La identificación de referentes en investigación a través del análisis de publicaciones científicas permite conocer investigadores, organizaciones, países líderes, y las principales fuentes de consulta (tanto para la divulgación de nuevo conocimiento, como para la consulta de

conocimiento de línea base). La Figura 2 presenta una visualización de tres variables (Sankey plot), la cual genera una visualización que permite generar una interrelación entre palabras claves (tópicos más frecuentes), organizaciones (instituciones líderes en investigación), y países (referentes mundiales).

Figura 2. Referentes en investigación, autores, instituciones, países y fuentes de consulta

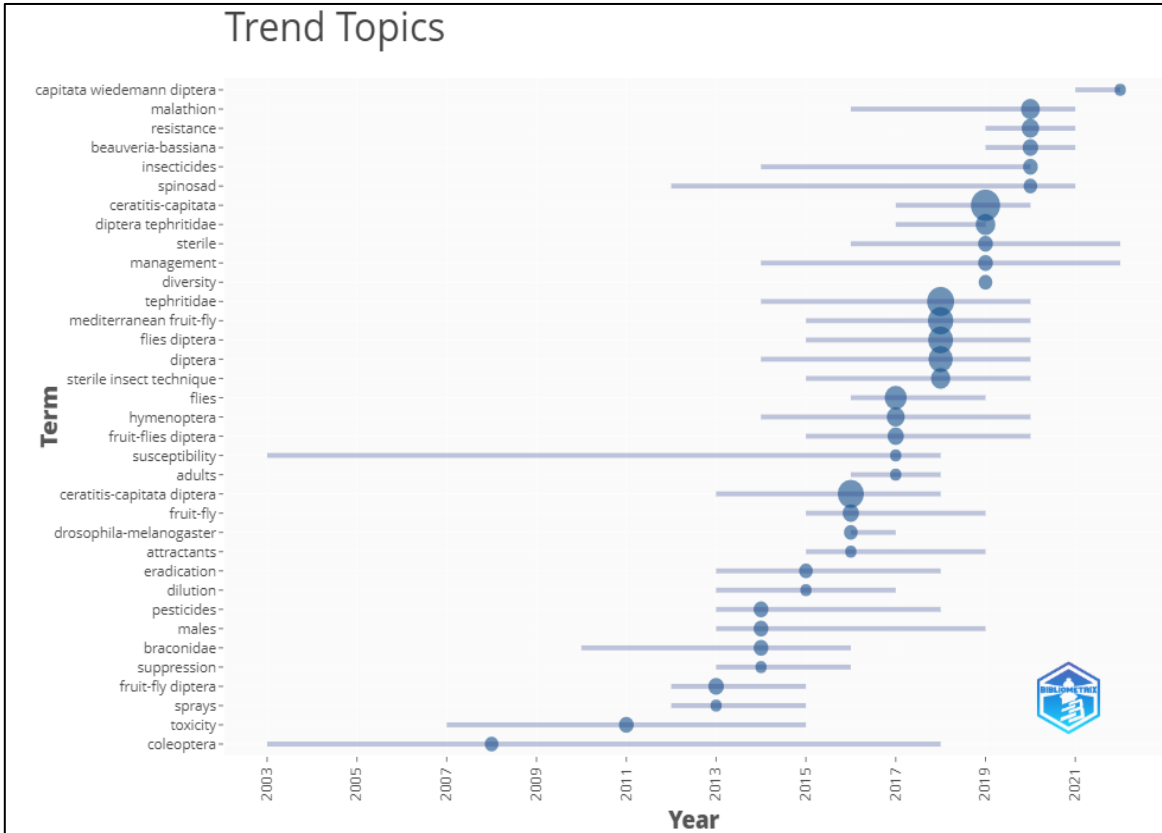


Fuente. Elaborado a partir de datos de Scopus®. Software de procesamiento Bibliometrix 4.1.1

Tópicos Tendenciales

El análisis de tópicos tendenciales permite identificar temas persistentes en la ventana de observación relacionada con la investigación en «Técnicas manejo mosca mediterráneo». En la Figura 3 se presentan los tópicos tendenciales entre 2001 y 2022. Se destaca la investigación en temas como malathion, spinosad y Técnica del Insecto Estéril (TIE), así como factores asociados a tratamiento o aplicación de agentes de control como susceptibilidad, dilución, toxicidad y resistencia.

Figura 3. Tópicos tendencias Técnicas manejo mosca mediterráneo



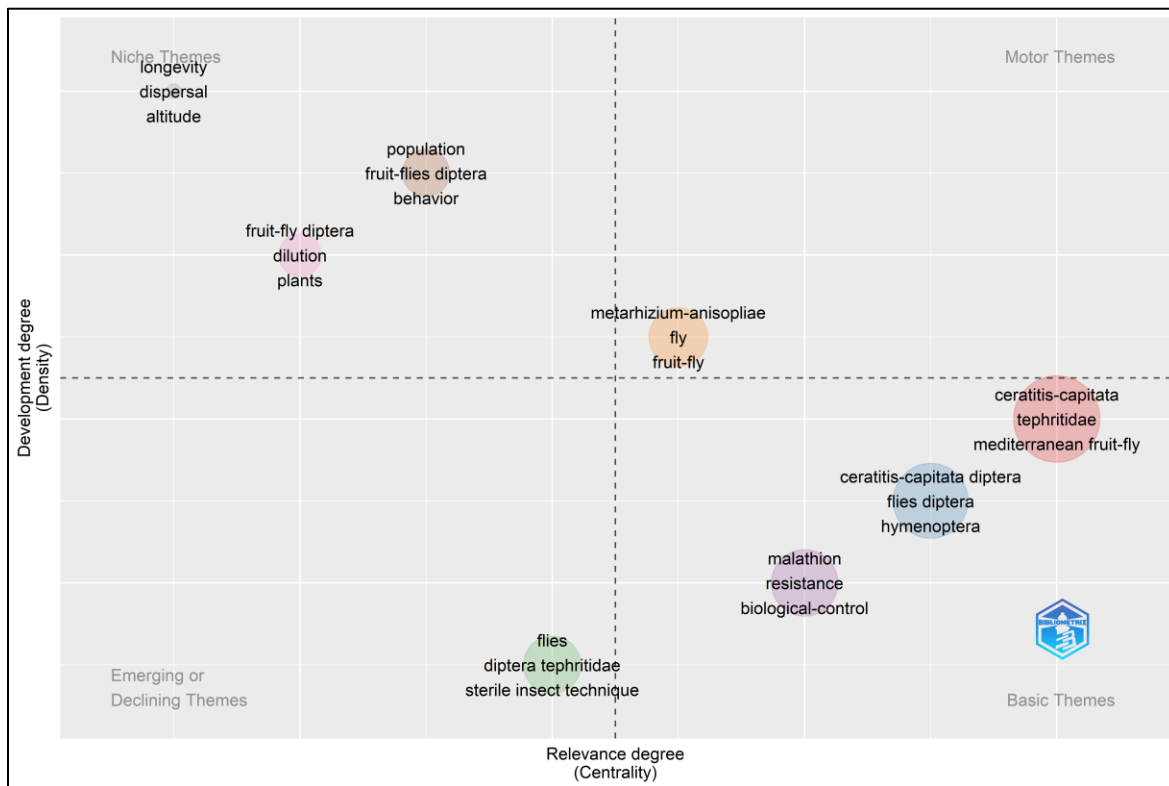
Fuente. Elaboración a partir de datos Scopus®, consultados en 2022. Software de análisis Bibliometrix®

Mapa de distribución temática

El mapa de distribución temática permite categorizar los principales tópicos de investigación por medio de dos dimensiones. La primera dimensión relevancia (grado de centralidad), establece la importancia relativa de cada tópico en el campo de investigación, y la segunda dimensión desarrollo (grado de densidad), establece el avance y amplitud en los conocimientos generados en el campo de investigación. La interacción de esta dos dimensiones conforma cuatro cuadrantes de análisis: i) Temas motor: que comprenden el frente de investigación abarcando los tópicos con mayor relevancia y desarrollo; ii) Temas básicos y transversales: temas con alta relevancia y un desarrollo estable; iii) temas emergentes o decadentes: temas con baja relevancia y desarrollo pero con el potencial de convertirse en temas básicos o

transversales, en temas motor o en tema especializados; y, iv) temas nicho o especializados, temas con un alto grado de desarrollo investigativo pero que su relevancia en el campo de investigación aún no es alta. En la Figura 4 se presenta el mapa temático para la investigación en «Técnicas manejo mosca mediterráneo».

Figura 4. Mapa temático de distribución de tópicos



Fuente. Elaboración a partir de datos Web of Science®, consultados en septiembre de 2022. Software de análisis Bibliometrix®

Tabla 8. Explicación de las áreas del mapa temático

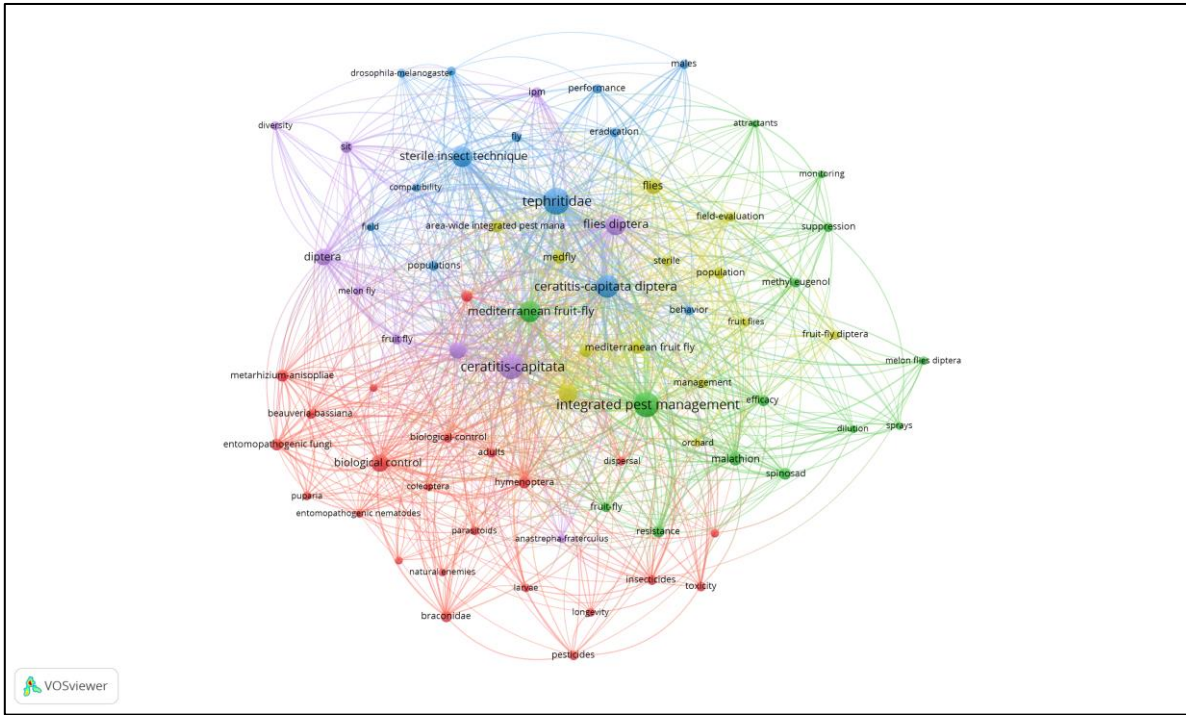
Tópicos Altamente Desarrollados	Tópicos Motor
Análisis de tendencias del comportamiento de la población de moscas de la fruta dipetera; así como, evaluación de parámetros relacionados	El principal enfoque de las «Técnicas para manejo mosca mediterráneo» cómo tema de investigación se ha centrado en el uso de hongos entomopatógenos <i>metarhizium</i>

Tópicos Altamente Desarrollados	Tópicos Motor
<p>con la longevidad y dinámica de dispersión de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) para hacer seguimiento en determinados lugares, y de forma aproximada determinar la influencia de factores como las diferentes altitudes, o comprender la distribución de las moscas de la fruta según la diversidad de ambientes.</p>	<p><i>anisopliae</i> Mestch. (Sorokin), para el control de moscas de la fruta. Las especies de moscas de la fruta que han sido objeto de control microbiano son <i>Anastrepha ludens</i> (Loew), <i>A. obliqua</i> (Mcquart), <i>A. fraterculus</i> (Wiedemann), <i>Bactrocera carambolae</i> Drew & Hancock, <i>B. dorsalis</i> (Hendel), <i>B. oleae</i> (Rossi), <i>B. zonata</i> (Saunders), <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann), <i>C. fasciventris</i> (Bezzi), <i>C. cosyra</i> (Walker), <i>C. rose</i> Karsch, <i>Rhagoletis cerasi</i> L., <i>R. indifferens</i> (Curran) y <i>Zeugodacus cucurbitae</i> Drew & Hancock.</p>
Tópicos Emergentes o Decadentes	Tópicos Básicos y Transversales
<p>Manejo integrado de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) utilizando la técnica del insecto estéril (TIE).</p>	<p>Entre los temas transversales y de línea base se encuentra el uso del malatión para el control de la mosca mediterránea de la fruta <i>Ceratitis capitata</i> (Diptera: Tephritidae), así como el estudio de otras alternativas o sustitutos ecológicos de Malathion para suprimir las poblaciones de la mosca mediterránea de la fruta (Diptera: Tephritidae), y la detección de resistencia a insecticidas en <i>Ceratitis capitata</i>.</p>

Red de Coocurrencia de tópicos

La red de coocurrencia de tópicos clave permite identificar la manera cómo los tópicos se integran en clústeres temáticos generando focos de investigación. En la Figura 5 se identifican cinco clústeres que comprenden un total de 70 tópicos clave.

Figura 5. Red de coocurrencia de tópicos clave



Fuente. Elaboración a partir de datos Web of Science®, consultados en septiembre de 2022. Software de análisis VOSviewer®

- **Clúster rojo** – control biológico Este clúster abarca la investigación de los efectos de diferentes tipos de manejo con pesticidas, insecticidas y hongos entomopatógenos sobre longevidad en parasitoides, larvas, pupas y adultos emergidos de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). También comprende investigaciones relacionadas con el análisis de resistencia y toxicidad de insecticidas utilizados como cebos sobre adultos de *Ceratitis capitata* a la entomofauna asociada.
- **Clúster Azul** – técnica del insecto estéril (TIE): este clúster se enfoca en la investigación del desempeño de la técnica del insecto estéril en la erradicación de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae).
- **Clúster Verde** – Manejo y control Integrado de la Mosca de la Fruta: este clúster abarca la investigación en la incidencia sobre moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) de diferentes tipos de control biológico a través del uso de pequeñas avispas, enemigos naturales de la plaga, así como el uso de cebos selectivos como el Spinosad y hongos entomopatógenos, alternativas químicas e insecticidas como el malatión; y el análisis o monitoreo de factores

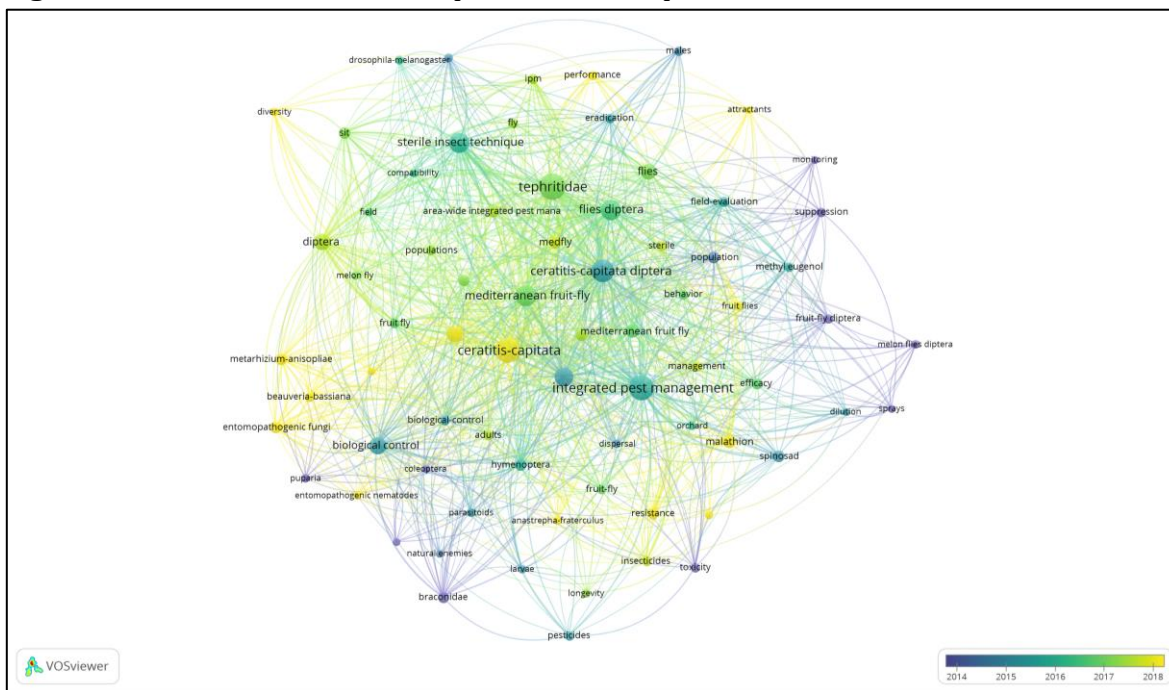
asociados a tratamiento o aplicación de agentes de control como susceptibilidad, dilución, toxicidad, resistencia y niveles de supresión o erradicación.

- **Clúster Amarillo – moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae):** este clúster se enfoca en las generalidades de las moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) relacionadas con los daños directos de las moscas sobre los cultivos, facilidad al ataque de patógenos y daños indirectos ocasionados como el incremento de costos de producción por la aplicación de medidas de control, gastos en investigación para el desarrollo de tecnología de control, afectación del comercio nacional y restricciones del ingreso a mercados internacionales.

Red de Coocurrencia temporal de tópicos

La Figura 6 presenta la red de coocurrencia de tópicos a través de una línea temporal en la que la escala de colores de oscuros a claros representa para el periodo 2014- 2022, el desarrollo de los tópicos. Los tópicos en color amarillo comprenden los temas más recientes de investigación en los tópicos de color verde los de mayor crecimiento y los tópicos en color azul los tópicos consolidados.

Figura 6. Red de coocurrencia de tópicos – línea temporal



Fuente. Elaboración a partir de datos Web of Science®, consultados en septiembre de 2022. Software de análisis VOSviewer®

Análisis información sobre técnicas manejo mosca mediterráneo

Conforme a las normas de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), se considera que la Mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* (Wiedemann)) en Colombia, es una plaga cuarentenaria presente y sujeta a control oficial (ICA 2015a). La Mosca del Mediterráneo, conocida como mosca Med, es una de las plagas agrícolas más peligrosas que ataca a más de 260 especies frutales y hortalizas en zonas tropicales y cálidas (Papadopoulos 2014; Tan et al. 2014), entre ellas: cítricos, pera, manzana, guayaba, durazno, es particularmente destructiva porque tiene un rango muy amplio de plantas hospederas provocando daños físicos directos en la pulpa de las frutas (Ouarhach et al. 2022; Quilici 1999), producidos por las larvas y daños secundarios causados por la entrada de microorganismos patógenos, porque las hembras perforan la fruta cuando ponen huevos permitiendo la invasión microbiana larvaria y oportunista (Pitts and Zwiebel 2001), además de implicaciones indirectas tales como las medidas cuarentenarias y los tratamientos de poscosecha (ICA 2015b). Por ejemplo, en España está considerada como una de las plagas más dañina económicamente para los cítricos (Magaña et al. 2007), teniendo en cuenta que España es el mayor productor de cítricos de la Unión Europea y quinto en el mundo con una producción anual superior a 5 millones de Tonelada métrica [Tm] durante la última década (Tena et al. 2011; Valencia fruits 2021). La mosca Mediterránea de la fruta es un insecto originario de África (Malacrida et al. 1998) que se distribuye en las regiones templadas, subtropicales y tropicales del planeta ([EPPPO] European and Mediterranean Plant Protection Organization 2012).

De acuerdo con Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz, CESVVER, que es organismo auxiliar de la SAGARPA (México), la mosca de la fruta es un insecto holometábolo, es decir es un insecto que pasa en su desarrollo por una metamorfosis completa de cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto) originario de África (MinAgricultura and Agronet 2018).

Las verdaderas moscas de la fruta pertenecen a la familia Tephritidae (Diptera: Tephritidae), la cual con más de 5.000 especies descritas es uno de los grupos más diversos de dípteros (Juan Blasco 2012). Muchas de las especies de esta familia son de importancia clave en los cultivos frutícolas. Los tefrítidos de mayor importancia por su impacto como plaga se engloban dentro de cinco géneros: Anastrepha, Bactrocera, Dacus, Ceratitis y Rhagoletis (Malacrida et al. 2007;

de Meyer et al. 2008; White and Elson-Harris 1992). Los tefrítidos se consideran plagas con un importante impacto económico por las siguientes características (Klassen and Curtis 2005):

- Presentan un ciclo de vida multivoltino con una capacidad reproductiva explosiva.
- Capacidad de infestar un gran número de hospederos.
- Habilidad de dispersión a largas distancias de forma natural como adultos, o de forma indirecta movidos dentro del hospedero vegetal infestado (en forma larvaria). Los adultos tienen la habilidad de poder sobrevivir varios meses bajo condiciones climáticas desfavorables.

Estas características, a su vez, dificultan el manejo de la plaga.

Ceratitis capitata es una especie que muestra elevada polifagia, distribución geográfica, y adaptabilidad. Es una de las plagas más importantes que afecta a la fruticultura de muchos países debido al amplio rango de hospederos sobre los que se desarrolla (Liquidó et al. 1991, Aluja y Mangan 2008) siendo el mango (*Mangifera indica*), el melocotonero (*Prunus persica*), el naranjo (*Citrus sinensis*) y el mandarino (*Citrus reticulata sensu stricto*) sus hospederos preferentes ([EPPO] European and Mediterranean Plant Protection Organization 2012).

La estrategia de vida de *C. capitata* incluye cambiar de especie hospedero a lo largo del año ya que la larva se desarrolla solo en el interior de frutos maduros. Por lo tanto, los adultos sobreviven mucho tiempo en el campo siendo capaces de dispersarse rápidamente cuando no hay frutos maduros disponibles en el área en la cual se encuentran. Esta población presenta entre 1 y 2 picos máximos de población (sólo en verano, o en verano y en otoño) en función de la presencia o ausencia de hospederos alternativos a los cítricos (Martínez Ferrer et al. 2007). Los principales factores que afectan al ciclo biológico de los tefrítidos son la humedad, la temperatura, la luz, la disponibilidad de alimento, los enemigos naturales y los simbioses (Bateman 1972). El desarrollo del huevo, larva y pupa cesa a temperaturas menores de 10°C. Las hembras no realizan la puesta a temperaturas inferiores a los 16°C. En condiciones de temperatura favorables (24-26°C) la duración de la fase de huevo, larva y pupa dura 1,5-3, 6-10, y 6-13 días, respectivamente. Cuando las condiciones ambientales no son favorables debido a las bajas temperaturas, el tiempo de desarrollo de los estadios se extiende. Aproximadamente el 50% de los adultos mueren durante los 2 primeros meses de vida; no obstante, algunos pueden vivir incluso hasta los 6 meses o más, dependiendo de condiciones favorables de alimento, agua y temperaturas bajas (Christenson y Foote 1960, Thomas et al. 2001, Duyck y Quilici 2002).

Durante el siglo pasado, los métodos de protección de cultivos sufrieron una transformación muy intensa en los países occidentales. De una fase inicial de agricultura de subsistencia se pasó a la agricultura de explotación en la que se recurría de manera sistemática a la aplicación intensiva y rutinaria de fitosanitarios de síntesis. En el ámbito de la producción de los cultivos la estrategia de protección de plagas empleada se basa fundamentalmente en el conocimiento del agroecosistema. Principalmente en la identificación, en el conocimiento de la biología, y en la importancia económica de las plagas, así como de sus enemigos naturales. Basándose en esta información indispensable se seleccionan los métodos de control idóneos para que el manejo de las plagas sea eficaz y a su vez tenga un mínimo impacto negativo sobre el agroecosistema (Juan Blasco 2012).

Además, a partir de mediados de la década de los sesenta, comenzaron a hacerse evidentes los efectos negativos causados por el abuso de plaguicidas sobre el medio ambiente y la salud humana. Sumado a esto, se han encontrado que las poblaciones de campo de cítricos y otros cultivos frutales de diferentes áreas geográficas mostraron una menor susceptibilidad al malatión (6 a 201 veces) en comparación con las poblaciones de laboratorio. Más importante aún, las diferencias en la susceptibilidad podrían estar relacionadas con la frecuencia de los tratamientos de campo. En el laboratorio se mantuvieron una cepa resistente (W), derivada de una población de campo, y una cepa de laboratorio susceptible (C). La cepa W mostró resistencia cruzada al organofosforado fentión (10 veces) pero no al spinosad (Magaña et al. 2007). Por lo tanto, la insensibilidad del sitio objetivo y la resistencia metabólica mediada por esterasas podrían estar involucradas en la pérdida de susceptibilidad al malatión en *C. capitata*.

De acuerdo con la ecuación de búsqueda ("Mediterranean fruit fly" OR "Ceratitis capitata" OR Wiedemann OR "Diptera NEAR/2 Tephritidae") AND ("driving technique" OR "integrated pest management"), se identificaron técnicas puntuales para controlar las moscas de la fruta.

Por ejemplo, el control de la mosca Mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), considerada una plaga endémica en las áreas frutícolas Mediterráneas (Juan Blasco 2012; Malacrida et al. 2007), se basó en la dispersión de plaguicidas organofosforados por vía aérea y terrestre ([CEE] Comunidad Económica Europea 1991; Chueca P. et al. 2007), más comúnmente el uso de tratamientos aéreos y terrestres con aspersiones de cebo con malatión (Magaña et al. 2007), para reducir o eliminar la población de moscas de la fruta (Clarke et al. 2005; Dominiak and Ekman 2013). Con este tipo de manejo, las reinfestaciones de los cultivos por la plaga se repetían continuamente y con ellas los tratamientos con plaguicidas sin que se llegase a

manejar satisfactoriamente a la plaga ya que cada brote se trataba de forma puntual y descoordinada. Por lo tanto, se incurría en pérdidas económicas debido al deficiente manejo de la plaga.

En este sentido, se inició un cambio en el concepto de protección de cultivos con el cual ya no se buscaban solamente la eficacia sobre las plagas sino también su bondad desde el punto de vista económico, ecológico y toxicológico. Además, se dio prioridad al empleo de elementos naturales de regulación y se introdujo el concepto de umbrales de tolerancia de plagas por parte de los cultivos. Más recientemente, la necesidad de cambio en los métodos de manejo de plagas se ha visto agravada por el desarrollo de resistencias a plaguicidas. Este ha sido el caso de la mosca de la fruta *C. capitata* sobre la cual se ha detectado resistencia a malatión en poblaciones naturales (Magaña et al. 2007; Ortego F. et al. 2005). La aparición de resistencias provoca la disminución en la eficacia de los plaguicidas y por lo tanto un aumento en el número de tratamientos necesarios para controlar a la plaga.

Otro ejemplo, es la Gestión Integrada de Plagas (GIP) como estrategia de control, que consiste básicamente en la aplicación racional de una combinación de medidas biológicas, biotecnológicas, químicas, culturales, o de selección del material vegetal, de modo que la utilización de productos fitosanitarios se limite al mínimo necesario (Tena et al. 2011). Estas medidas de control se deben combinar con el fin de mantener los niveles poblacionales de las especies plaga por debajo de sus umbrales económicos de daños (UED) (niveles poblacionales a partir de los cuales los daños son superiores al coste de las medidas de control).

En Suramérica, se maneja el concepto de "Manejo Integrado de las Plagas (MIP)", que busca al igual que la GIP, la prevención, control y/o erradicación (PCE) de las moscas de las frutas, y consiste en un conjunto de medidas que forman parte de un mismo proceso, constituyendo una forma de enfoque a la solución del problema, en respuesta al uso unilateral y puntual de métodos tradicionales y modernos, que han demostrado no ser satisfactorios en términos de eficiencia, economía y los efectos co-laterales respecto a la ecología y los riesgos para la salud. Los métodos de PCE más conocidos son las prácticas culturales, las rotaciones de cultivos, las variedades resistentes, los enemigos naturales, el control biocida, el control químico y la técnica del insecto estéril (TIE), las cuales podrían reducir la frecuencia y la cantidad de aplicaciones de pesticidas (Shelly et al. 2014b, 2014a; Suckling et al. 2016). Además, los aceites esenciales (AE) se han utilizado como fuentes de atracción para la detección y el control de plagas (Blythe et al., 2020; Tabanca et al., 2020a; y 2020b; Luu-Dam et al., 2021), y la identificación de atrayentes químicos, como las *cairomonas* de los aceites esenciales, es una herramienta

importante en el desarrollo de un enfoque de MIP para el manejo de la mosca de la fruta (Quilici, Atiama-Nurbel, and Brévault 2014).

El uso aislado de estos métodos son los que constituyen los sistemas unilaterales de PCE de las moscas de las frutas (IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura and Ministerio de Agricultura de Perú 1990; Urbaneja A. et al. 2012). La decisión de emplear uno u otro método, así como la integración entre ellos residen en las condiciones particulares de cada especie y área de cultivo.

Para el caso de plagas como las moscas de la fruta, los programas de manejo integrado alcanzan su óptimo de eficacia cuando se aplican a gran escala mediante una estrategia conjunta y coordinada de todos los agentes responsables de gestionar la plaga (Klassen and Curtis 2005). Klassen y Vreysen (2005) define la GIP a gran escala como la GIP aplicada contra toda la población de una plaga presente en un área geográfica delimitada, siendo esta área de una superficie lo mínimamente grande o protegida por una zona de amortiguación tal que la dispersión natural de la plaga sólo ocurre dentro del área de aplicación. La GIP a gran escala permite el empleo de métodos de control especializados y potentes como son la TIE, el uso de trampeo a gran escala o ciertos programas de liberaciones inundativas de parasitoides (Löhr et al. 2018) que generalmente no son efectivos cuando se aplican en parcelas individuales.

El control químico de *C. capitata* se ha venido realizando principalmente con aplicaciones aéreas y terrestres de plaguicidas organofosforados (malatión en los últimos años) combinados con atrayentes alimenticios (proteína hidrolizada). Esta práctica no ha mostrado ser capaz de mantener a la plaga por debajo de su umbral económico de daño y sí ha mostrado tener efectos nocivos sobre la salud humana (Anderson et al. 1995; Balaji and Sasikala 1993; Balarastaghi et al. 2021; Flessel, Quintana, and Hooper 1993; Giri et al. 2002; Giri, Giri, and Sharma 2011; Pavanello and Clonfero 2000; Srivastava and Singh 2020; Yokota et al. 2017), el medio ambiente (Mañosa et al. 2001) y la fauna útil (Urbaneja et al. 2009) así como originar resistencia al malatión en poblaciones de *C. capitata* (Ortego et al. 2005, Magaña et al. 2007). Actualmente, recurrir a tratamientos con productos fitosanitarios dentro de un programa de GIP de *C. capitata* no es el sistema más recomendable ni deseable. Lo indicado es recurrir a su empleo únicamente cuando los daños no puedan ser evitados por medio de otros métodos alternativos. Existe una gran variedad de compuestos registrados en España para el control de *C. capitata* mediante tratamientos terrestres localizados. De la lista de compuestos registrados, spinosad, fosmet y lambda cihalotrin son los más selectivos para los enemigos naturales (parasitoides y depredadores) presentes en el ecosistema donde está implantado el programa GIP contra *C.*

capitata (Williams et al. 2003, Urbaneja et al. 2009). Por lo tanto, se les ha considerado la alternativa menos perjudicial para remplazar el uso del malatión.

En Marruecos, *Ceratitis capitata* (*C. capitata*) representa uno de los problemas más graves para la agricultura en general como la *Argania spinosa* (Quilici 1999) y el cultivo de cítricos en particular (Ouarhach et al. 2022). Los daños causados por la mosca Med constituyen uno de los principales obstáculos para la producción de frutos sanos y su exportación. El daño anual es variable y puede alcanzar pérdidas estimadas de los frutos del 10 al 20 % o más (El-Otmani, Ait-Oubahou, and Zacarías 2011), y durante mucho tiempo se han llevado a cabo programas de control utilizando insecticidas convencionales (p. ej., organofosforados y piretroides), combinación de cebos e insecticidas en aerosol (Roessler 1989), uso de insecticidas sintéticos que ha resultado en resistencia a los insecticidas, toxicidad para organismos no objetivo, residuos en los alimentos y contaminación ambiental (Desneux et al. 2007). Adicional, en los últimos años están investigando métodos alternativos de control algunos plaguicidas botánicos, que por sus propiedades ecotoxicológicas favorables (por ejemplo, baja toxicidad humana, degradación rápida y menor impacto ambiental), son potencialmente adecuados para su uso en programas de manejo integrado de plagas de diferentes especies de insectos (Isman, 2006). Las plantas aromáticas se encuentran entre los insecticidas de origen botánico más efectivos, y los aceites esenciales (AE) suelen constituir la fracción bioactiva (Cruz et al., 2020; Regnault-Roger, 1997). Muchos aceites esenciales tienen actividad insecticida sobre larvas de dípteros (El-Shazly y Hussein, 2004; Pavela, 2015; Regnault-Roger et al., 2012) y adultos (Chang et al., 2008; Palacios et al., 2009). Los estudios sobre diferentes aceites esenciales indican actividad larvicida para mosquitos (Conti et al., 2012b; de Souza et al., 2019), brúquidos (Kouninki et al., 2007), actividad adulticida para escarabajos de productos almacenados (Popovic et al., 2006) y moscas (Cheng et al. 2009; Miguel 2010; Sanna Passino, et al., 2004). Sin embargo, hasta la fecha, solo se han probado unos pocos aceites esenciales en *C. capitata* (Cheng et al., 2009; López et al., 2011; Miguel 2010; Sanna Passino et al., 2004), y en Assa, al sur de la provincia de Tata de Marruecos, están indagando específicamente sobre el efecto y toxicidad para diferentes concentraciones de ingestión de *Lavandula coronopifolia* (L.c), que es una especie endémica de Marruecos, contra moscas Med adultas, encontrando que las hembras tienen más sensibilidad que los machos. Por lo tanto, el AE de *L. coronopifolia* incorporado en insecticidas agrícolas debe aplicarse tan pronto como sea posible antes de que eclosionen los huevos o cuando las larvas son recién nacidas para evitar daños por *C. capitata* en condiciones de campo. Alternativamente, la fumigación de los frutos cosechados y/o la aplicación de gel que contenga AE de *L. coronopifolia* en los frutos de cítricos en poscosecha podría evitar que las moscas ataquen los frutos. Sin embargo, deben ser considerados otros factores como la evaluación de

la eficacia y la estabilidad química de este AE en el semicampo y posiblemente en el campo y las formas de extender su duración de actividad como bioinsecticida; determinación de los posibles efectos negativos sobre los enemigos naturales de *C. capitata*; el modo de acción insecticida y cuestiones de seguridad humana; y la mejor formulación para un mínimo costo de producción.

Asimismo, un ejemplo similar usando aceites esenciales se encuentra en Arabia Saudita, donde se han investigado los aceites esenciales obtenidos de *Pulicaria arabica* (L.), *P. crispa* (Forssk.) Benth et Hook y *P. somalensis* O. Hoffm, para evaluar sus propiedades semioquímicas y su efectividad para la atracción potencial de machos estériles de *C. capitata* (Yusufoglu et al. 2021); combinado con las habilidades culturales, la confianza en los curanderos nativos y el conocimiento de la medicina tradicional (Al-Mutairi et al. 2016; Rahman et al. 2004). El género *Pulicaria* Gaertn. (Asteraceae) comprende aproximadamente 100 especies que están ampliamente distribuidas en Europa, Asia y África (Williams et al. 2003). De estas, 11 especies son nativas de Arabia Saudita (Chuahary, 2000). para el tratamiento del dolor de espalda, la inflamación, los cólicos menstruales, los trastornos intestinales, la disentería y la diarrea (Abdallah et al., 2019). Algunas especies de este género, como *P. crispa*, se utilizan para el resfriado, la tos, los cólicos, la sudoración excesiva y los trastornos carminativos en los países árabes (Elshiekh y Mageed, 2015), y se han utilizado especies como repelentes de insectos (Triana et al. 2005). *Pulicaria jaubertii* E. Gamal-Eldin, conocida localmente como “Anssif”, se considera una planta medicinal en Yemen, y las hojas frescas o secas se utilizan como especia para preparar sopas (Algabr et al., 2012). *Pulicaria incisa* (Lam.) DC. es una planta silvestre que crece en Egipto, y la decocción de esta especie se usa para disminuir los niveles de glucosa en la sangre, tratar algunos problemas cardíacos y gastrointestinales y aliviar los senos paranasales, el dolor de cabeza y la gripe (Bakr et al. 2021). *Pulicaria odora* L. se conoce localmente como “Ouden El hallouf” en Marruecos, y las raíces se han utilizado tradicionalmente como agentes antiinflamatorios (Hanbali et al., 2005). Este género tiene una amplia gama de actividades biológicas, que incluyen efectos hepatoprotectores, antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos, cardioprotectores, nefroprotectores, neuroprotectores, antileucémicos, quimiopreventivos del cáncer y citotóxicos (Abdallah et al. 2019; Alqethami, Aldhebiani, and Teixidor-Toneu 2020; Foudah et al. 2016; Issa et al. 2020). Estudios fitoquímicos han indicado que los principales constituyentes del género son lactonas sesquiterpénicas, alcaloides, taninos, flavonoides, triterpenoides, diterpenoides, taninos, flavonoides, aceites esenciales y cumarinas (Liu et al., 2010; Foudah et al., 2015; Mohammed et al., 2021).

Por otra parte, los métodos culturales practicados tradicionalmente consisten en la eliminación de los frutos dañados o caídos y en la eliminación de árboles reservorio de la plaga. La recolección y posterior enterrado tanto de los frutos caídos como de los maduros que quedan en el árbol sin comercializar es una práctica recomendable; y en el caso de los cultivos de cítricos, hacer control de frutales aislados cercanos a las zonas productoras, principalmente higueras y nísperos (Tena et al. 2011). Esta práctica evita el desarrollo de las larvas que puedan estar en su interior y consecuentemente disminuye la población de moscas, así como evita que las hembras encuentren un hospedero donde ovipositar (Chueca 2007). De especial atención son los frutos dañados o caídos de árboles frutales que se encuentran aislados cerca de las parcelas comerciales. Estos frutales (principalmente higueras y nísperos) son hospederos del insecto y suelen ser el foco de infestación de las parcelas comerciales (Tena et al. 2011).

Respecto al control biológico, los primeros métodos de lucha biológica desarrollados para combatir a *C. capitata* se basaron principalmente en el control biológico clásico con parasitoides (Beitia et al. 2007). Los mejores resultados con este método se obtuvieron en Hawai a mediados del siglo XX con la introducción de los himenópteros *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron), *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmed) y *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) (Wong et al. 1991). Hasta la fecha, los diversos intentos de importar parasitoides exóticos en España han tenido distintos resultados, pero en ningún caso han conseguido mantener a la plaga por debajo de su umbral económico de daño. Entre los parasitoides autóctonos los más abundantes son los pteromálidos: *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) y *Spalangia cameroni* Perkins. Ambos son parasitoides de pupas (Beitia et al. 2003, 2007). El Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) mantiene en desarrollo una línea de investigación que estudia la posibilidad de emplear parasitoides como agentes de control de *C. capitata* para ampliar el abanico de métodos de control disponibles dentro del Plan Integral de Actuación contra la Mosca de la Fruta (Castañera 2007). A finales del año 2002 se importaron las tres especies de parasitoides con las que mejores resultados se han obtenido en otros países: *D. tryoni*, *D. longicaudata* y *F. arisanus*. *Diachasmimorpha tryoni* y *D. longicaudata* son parasitoides de larvas de tercer estadio de la mosca mientras que *F. arisanus* lo es de los huevos del díptero (Beitia et al. 2003, Castañera 2003). Sabater-Muñoz et al. (2009) han llevado a cabo ensayos en laboratorio, semi-campo y campo para determinar el potencial de estas tres especies como agentes de control. Adicionalmente, se está evaluando la posibilidad de su liberación en combinación con la de machos estériles (Beatriz Sabater, IVIA, comunicación personal). Sin embargo, se ha encontrado que para esta especie, así como para el piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) y la araña roja *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), el control biológico es insuficiente y por tanto, sigue siendo

necesario realizar tratamientos químicos, los cuales, se deben seleccionar no solo por su alta eficacia contra las especies plaga contra los que van dirigidos, si no por ser selectivos para los enemigos naturales que controlan a los fitófagos secundarios, de manera que no pongan en peligro su control biológico (Tena et al. 2011).

Las líneas de investigación actuales también incluyen el estudio del control biológico de *C. capitata* ejercido por los depredadores polífagos presentes en el suelo del cultivo (Castañera 2007). Los depredadores polífagos locales son componentes de los agroecosistemas cuyo manejo y conservación puede contribuir a la reducción de las poblaciones de *C. capitata*. Como depredadores de larvas y pupas de moscas de la fruta se ha citado a hormigas, carábidos, estafilínidos y arañas (Urbaneja et al. 2006). En la Comunidad Valenciana, Monzó et al (2010) demostraron la actividad depredadora de una especie de araña, *Pardosa cribata* Simon (Araneae: Lycosidae), sobre las pupas de *C. capitata* así como del carábido *Pseudophonus rufipes* (De Geer) (Coleoptera: Carabidae) sobre los adultos recién emergidos del pupario (Monzó et al. 2011a). El control biológico por conservación mediante el favorecimiento de refugios (manejo de cubiertas vegetales) o la disposición de alimento de manera artificial (adición de polen sobre el cultivo) son algunos de los ejemplos que pueden potenciar el papel de estos artrópodos beneficiosos sobre el control biológico de *C. capitata* y es el siguiente paso para estudiar dentro de este ámbito (Jonsson et al. 2008, Jacas y Urbaneja 2010).

El papel de los microorganismos entomopatógenos tales como las especies de hongos *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff), *Beauveria bassiana* (Balsamo), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) y la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berliner) presentan actividad entomopatógena sobre larvas, pupas y/o adultos de *C. capitata*. Los estudios de semi-campo y campo llevados a cabo hasta la fecha han demostrado un elevado potencial infectivo de estos entomopatógenos los cuales, además de provocar la muerte del insecto pueden causar efectos secundarios sobre la reproducción y ser transmitidos horizontalmente entre individuos por vía sexual (Castillo et al. 2000, Dimbi et al. 2003, Quesada-Moraga et al. 2006, Vidal-Quist et al. 2010). La posibilidad de integrar esta técnica con la liberación de machos estériles (TIE), de forma que éstos sirvan de vectores iniciales del entomopatógeno hacia las poblaciones de mosca en el campo está demostrado resultados positivos (Toledo et al. 2007, San Andrés et al. 2010), y se sigue estudiando como uno de los métodos biorracionales, no contaminantes, para el control global de poblaciones en grandes superficies, que consiste en la liberación de grandes cantidades de machos estériles, lo cual es factible cuando existen biofábricas productora de machos estériles, como las que se encuentran en Caudete de la Fuente (Valencia) (Tena et al. 2011), iniciada en 2003 como parte de un Plan Integral de Actuación contra la Mosca de la Fruta

en la Comunidad Valenciana, impulsado por la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana (Primo-Millo et al. 2003).

En este mismo sentido, existen programas como Moscamed y Moscafrut, que combaten a las moscas del mediterráneo y de la fruta, importantes porque apoyan la seguridad alimentaria, pues favorecen la cosecha de alimentos sanos y cuida el patrimonio agroalimentario mexicano. Este elemento es de vital importancia ante la pandemia actual, que desafía la producción y el comercio de alimentos en todo el mundo. El Programa Moscamed ha operado con efectividad por parte de SENASICA en coordinación con el IICA. Es reconocido a nivel mundial como uno de los primeros desarrollados en el continente americano para el control de la mosca del Mediterráneo y como el primer programa contra moscas de la fruta en ser exitoso, a nivel continental, con un manejo integrado basado en la técnica del insecto estéril (TIE), la cual se ha convertido en un eficaz instrumento de política pública y ha generado un bien público para México (IICA 2016). El Programa tiene como objetivo específico disminuir la población de las moscas de la fruta hasta niveles que no tengan significación económica y que al mismo tiempo no constituyan obstáculos al comercio nacional e internacional de frutas. Para lograr este objetivo el Programa prevé la ejecución de los componentes: sistema de diagnóstico y estadística, capacitación de técnicos, investigación básica y aplicada y, campañas de manejo integrado (IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura and Ministerio de Agricultura de Perú 1990).

En Colombia, según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2014) dentro de las especies de moscas de la fruta de importancia cuarentenaria para Colombia se encuentra *Ceratitis capitata* Wiedemann, detectada desde el año 1986, la cual presenta una distribución localizada en algunos departamentos, pero con alta probabilidad de diseminarse hacia otras zonas del país, por lo que es una de las principales plagas de importancia económica, que limita la exportación de productos colombianos hacia otros países y se constituye en una plaga de control oficial en Colombia. En este sentido, en los departamentos de Norte de Santander, Atlántico, Bolívar y Cundinamarca se adelantan acciones de inspección y vigilancia de la plaga y se ha verificado el aumento de poblaciones de *Ceratitis capitata* W. por lo que, desde las respectivas Gerencias Seccionales ICA, se han realizado acciones de intervención para su manejo (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) 2014). Principalmente, en el departamento de Norte de Santander, la mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* W., se encuentra atacando cultivos frutícolas comerciales como Durazno, el cual es distribuido para su comercialización hacia otras zonas del país, generando un alto riesgo de dispersión de la plaga.

Los productores, comercializadores y/o exportadores de frutas de los departamentos afectados por la Mosca del Mediterráneo, deberán implementar un plan de supresión de la plaga, el cual tiene como objetivo evitar la expansión de brotes dentro de estas áreas y su dispersión hacia otras regiones del país. El plan incluye actividades de monitoreo a través de la instalación de trampas y manejo integrado de plagas, entre otras acciones. De acuerdo con el ICA, el concepto operativo del trampeo tal como se utiliza en dicho manual se basa en la definición propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en 1990, y consiste en capturar una proporción considerable de la población mediante la colocación de trampas provistas de un atrayente alimenticio o sexual (Urbaneja A. et al. 2012), con tres objetivos: (A) La detección: Determinar si las especies están presentes en un área; (B) La delimitación: Determinar los límites del área considerada como infestada o libre de la plaga; y (C) El trampeo: Verificar de manera continua las características de una población plaga, incluidas la fluctuación estacional de la población, la abundancia relativa, la secuencia de huéspedes y otras características (MinAgricultura and Agronet 2018).

Existen tres tipos de trampas: (1) las que atraen y capturan a las moscas; (2) las que las atraen y las matan, pero no las capturan, llamadas de atracción y muerte, y; (3) las que las atraen y las esterilizan, donde la esterilización se produce al alimentarse de los cebos tratados, con la ventaja que las moscas estériles transmiten la esterilidad a otras moscas en sucesivas cópulas. Este método de trampeo se conoce como quimioesterilización, sus resultados son acumulativos, por lo que se obtienen mejores resultados si se utiliza repetidamente (varias campañas). Las trampas deben colocarse en la cara sur del árbol (Urbaneja A. et al. 2012).

Para usar esta técnica, se tiene en cuenta la actividad de *Anastrepha*, como se le denomina científicamente, la cual aumenta en primavera llegando a máximos de actividad en verano, pudiendo permanecer inactivas las pupas durante el invierno si las condiciones climatológicas no le son favorables (MinAgricultura and Agronet 2018).

Con el objetivo de hacer una detección temprana y oportuna de plagas y enfermedades de la fruta, el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, viene realizando un continuo monitoreo en cultivos, áreas de traspatio, plazas de mercado, y otras poblaciones, para controlar la Mosca del Mediterráneo, plaga que afecta la producción de fruta en el país. La detección hace referencia a las labores de trampeo y muestreo de frutos que conducen al reconocimiento de especies, distribución y relación de hospederos, para determinar cuáles son las áreas libres de la plaga o áreas de baja prevalencia donde la plaga está presente pero en bajas poblaciones. Las

medidas cuarentenarias se usan como medidas de regulación, mientras que las medidas mitigadoras sirven para disminuir el riesgo (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA 2015).

La detección de moscas de las frutas presentes en Colombia se realiza mediante el monitoreo con trampas Jackson con el atrayente sexual Trimedlure para la captura de machos de la Mosca del Mediterráneo, y trampas McPhail cebadas con proteína hidrolizada como atrayente alimenticio para capturar moscas nativas, principalmente del género *Anastrepha*. La red trampeo en Colombia está instalada en rutas a lo largo de las principales vías por donde se movilizan frutas desde y hacia centros de consumo, núcleos de producción, puertos, aeropuertos y pasos de frontera; estas redes de trampeo se complementan con la vigilancia en predios de producción de fruta para exportación, de acuerdo con lo establecido en la resolución ICA 1806 del 2004 (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA 2015).

Bibliografía

- Abdallah, H. M., G. A. Mohamed, S. R. M. Ibrahim, H. Z. Asfour, and M. T. Khayat. 2019. "Undulaterpene A: A New Triterpene Fatty Acid Ester from *Pulicaria Undulata*." *Pharmacogn. Mag* 15(65):671-74.
- Al-Mutairi, K., S. A. Al-Shami, Z. Khorshid, and M. M. Moawed. 2016. "Floristic Diversity of Tabuk Province, North Saudi Arabia." *Journal of Animal and Plant Sciences* 26(4):1019-25.
- Alqethami, Afnan, Amal Y. Aldhebani, and Irene Teixidor-Toneu. 2020. "Medicinal Plants Used in Jeddah, Saudi Arabia: A Gender Perspective." *Journal of Ethnopharmacology* 257:112899. doi: 10.1016/J.JEP.2020.112899.
- Anderson, Diana, Jack B. Bishop, R. Colin Garner, Patricia Ostrosky-Wegman, and Paul B. Selby. 1995. "Cyclophosphamide: Review of Its Mutagenicity for an Assessment of Potential Germ Cell Risks." *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 330(1-2):115-81. doi: 10.1016/0027-5107(95)00039-L.
- Bakr, Riham O., Esraa A. Shahat, Ahmed E. Elissawy, Ahmed M. Fayez, and Omayma A. Eldahshan. 2021. "Evaluation of the Hepatoprotective Activity of *Pulicaria Incisa* Subspecies *Candolleana* and in Silico Screening of Its Isolated Phenolics." *Journal of Ethnopharmacology* 271. doi: 10.1016/J.JEP.2020.113767.
- Balaji, M., and K. Sasikala. 1993. "Cytogenetic Effect of Malathion in in Vitro Culture of Human Peripheral Blood." *Mutation Research Letters* 301(1):13-17. doi: 10.1016/0165-7992(93)90050-6.
- Balarastaghi, Soudabeh, Rezvan Yazdian-Robati, Faezeh Vahdati Hasani, Hossein Hosseinzadeh, Khalil Abnous, Mohsen Imenshahidi, Leila Mohammadzadeh, Ruth Birner-Gruenberger, and

- Bibi Marjan Razavi. 2021. "Protective Effect of Crocin on Malathion-Induced Cardiotoxicity in Rats: A Biochemical, Histopathological and Proteomics Study." *Iranian Journal of Pharmaceutical Research : IJPR* 20(2):156–72. doi: 10.22037/ijpr.2020.111836.13385.
- Bateman, M. A. 1972. "The Ecology of Fruit Flies." *Annual Review of Entomology* 17(1):493–518. doi: 10.1146/ANNUREV.EN.17.010172.002425.
- [CEE] Comunidad Económica Europea. 1991. *Anexo I de La Directiva 91/414 Del Consejo, Del 15 de Julio de 1991, Relativa a La Comercialización de Productos Fitosanitarios.*
- Chueca P., H. Montón, J. L. Ripollés, P. Castañera, E. Moltó, and A. Urbaneja. 2007. "Spinosad Bait Treatments as Alternative to Malathion to Control the Mediterranean Fruit Fly *Ceratitis Capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Mediterranean Basin." *J Pestic Sci* 32(4):407–11.
- Clarke, Anthony R., Karen F. Armstrong, Amy E. Carmichael, John R. Milne, S. Raghu, George K. Roderick, and David K. Yeates. 2005. "Invasive Phytophagous Pests Arising through a Recent Tropical Evolutionary Radiation: The *Bactrocera Dorsalis* Complex of Fruit Flies." *Annual Review of Entomology* 50:293–319. doi: 10.1146/ANNUREV.ENTO.50.071803.130428.
- Dominiak, Bernard C., and Jenny H. Ekman. 2013. "The Rise and Demise of Control Options for Fruit Fly in Australia." *Crop Protection* 51:57–67. doi: 10.1016/J.CROPRO.2013.04.006.
- El-Otmani, M., A. Ait-Oubahou, and L. Zacarías. 2011. "Citrus Spp.: Orange, Mandarin, Tangerine, Clementine, Grapefruit, Pomelo, Lemon and Lime." *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* 437–516e. doi: 10.1533/9780857092762.437.
- [EPPO] European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2012. "PQR-EPPO Database on Quarantine Pests." Retrieved August 30, 2022 (<http://www.eppo.int>).
- Flessel, Peter, P. J. E. Quintana, and Kim Hooper. 1993. "Genetic Toxicity of Malathion: A Review." *Environmental and Molecular Mutagenesis* 22(1):7–17. doi: 10.1002/EM.2850220104.
- Foudah, A. I., A. Alam, G. A. Soliman, M. A. Salkini, E. I. Ahmed, and H. S. Yusufoglu. 2016. "Pharmacognostical, Antibacterial and Antioxidant Studies of Aerial Parts of *Pulicaria Somalensis* (Family: Asteraceae)." *Asian Journal of Biological Sciences* 9(1–2):19–26. doi: 10.3923/ajbs.2016.19.26.
- Giri, A., S. Giri, and G. D. Sharma. 2011. "Malathion and Fenvalerate Induce Micronuclei in Mouse Bone Marrow Cells." *Environmental and Molecular Mutagenesis* 52(8):607–13. doi: 10.1002/em.20649.
- Giri, S., S. B. Prasad, A. Giri, and G. D. Sharma. 2002. "Genotoxic Effects of Malathion: An Organophosphorus Insecticide, Using Three Mammalian Bioassays in Vivo." *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 514(1–2):223–31. doi: 10.1016/S1383-5718(01)00341-2.

- ICA. 2015a. “Actualización de La Situación de La Mosca Del Mediterráneo (Ceratitis Capitata (Wiedemann)) En Colombia.” *Sistema de Alertas Fitosanitarias*. Retrieved August 29, 2022 (<https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/saf/notificacion-oficial/detalle-notificacion-oficial/actualizacion-de-la-situacion-de-la-mosca-del-medi.aspx>).
- ICA. 2015b. “Informe Especial: Mosca Del Mediterráneo.” *Noticias Agrícolas*. Retrieved August 29, 2022 (<https://www.ica.gov.co/noticias/agricola/2015/informe-especial-mosca-del-mediterraneo>).
- IICA. 2016. “El Manejo Inteligente de La Mosca Del Mediterráneo En México Afianza La Producción de Alimentos | Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura.” *Historias de La Cooperación Técnica*. Retrieved August 29, 2022 (<https://www.iica.int/es/prensa/noticias/el-manejo-inteligente-de-la-mosca-del-mediterraneo-en-mexico-afianza-la-produccion>).
- IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, and Ministerio de Agricultura de Perú. 1990. “Programa Nacional de Manejo Integrado de Las Moscas de La Fruta (1990-1994).” 1-174.
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. 2015. “Informe Especial: Mosca Del Mediterráneo.” Retrieved August 30, 2022 (<https://www.ica.gov.co/noticias/agricola/2015/informe-especial-mosca-del-mediterraneo>).
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2014. *Resolución Número 003123 de 2014*. Colombia: <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/ica-estado-declara-emergencia-sanitaria-resolucion-3123.pdf>.
- Issa, Marwa Y., Marwa I. Ezzat, Rabab H. Sayed, Eman M. Elbaz, Farghaly A. Omar, and Engy Mohsen. 2020. “Neuroprotective Effects of Pulicaria Undulata Essential Oil in Rotenone Model of Parkinson’s Disease in Rats: Insights into Its Anti-Inflammatory and Anti-Oxidant Effects.” *South African Journal of Botany* 132:289-98. doi: 10.1016/J.SAJB.2020.04.032.
- Juan Blasco, María Auxiliadora. 2012. “Control Biorracional de Ceratitis Capitata (Wiedemann): Mejora, Aplicación y Evaluación de La Técnica Del Insecto Estéril.” Universitat Jaume.
- Klassen, W., and C. Curtis. 2005. “History of the Sterile Insect Technique.” in *Sterile Insect Technique. Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*, edited by V. A. Dyck, J. Hendrichs, and A. S. Robinson. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Klassen, W., and M. J. B. Vreysen. 2005. “Area-Wide Integrated Pest Management and the Sterile Insect Technique.” in *Sterile Insect Technique. Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*, edited by Dyck V.A., J. Hendrichs, and A. S. Robinson. Dordrecht, The Netherlands. : Springer.

- Löhr, Bernhard, María Fernanda Díaz Niño, María R. Manzano, Consuelo Alexandra Narváez Vásquez, María Isabel Gómez Jiménez, Arturo Carabalí, Germán Vargas, Takumasa Kondo, and Alex Enrique Bustillo Pardey. 2018. "Uso de Parasitoides En El Control Biológico de Insectos Plaga En Colombia." in *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros: agentes de control biológico*. Vol. 1. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
- Magaña, C., P. Hernández-Crespo, F. Ortego, and P. Castañera. 2007. "Resistance to Malathion in Field Populations of *Ceratitis Capitata*." *Journal of Economic Entomology* 100(6):1836–43. doi: 10.1093/JEE/100.6.1836.
- Malacrida, A. R., L. M. Gomulski, M. Bonizzoni, S. Bertin, G. Gasperi, and C. R. Guglielmino. 2007. "Globalization and Fruitfly Invasion and Expansion: The Medfly Paradigm." *Genetica* 131:1–9.
- Malacrida, A. R., F. Marinoni, C. Torti, L. M. Gomulski, F. Sebastiani, C. Bonvicini, G. Gasperi, and C. R. Guglielmino. 1998. "Genetic Aspects of the Worldwide Colonization Process of *Ceratitis Capitata*." *The Journal of Heredity* 89(6):501–7. doi: 10.1093/JHERED/89.6.501.
- Martínez Ferrer, María Teresa, A. Alonso Muñoz, José Miguel Campos Rivela, José Miguel Fibla Queralt, and Ferrán García Marí. 2007. "Dinámica Poblacional de La Mosca de La Fruta *Ceratitis Capitata* En Tres Zonas Cítricas Mediterráneas." *Levante Agrícola: Revista Internacional de Cítricos, ISSN 0457-6039, No. 385, 2007 (Ejemplar Dedicado a: Ceratitis Capitata), Págs. 92-98 (385):92–98*.
- de Meyer, M., M. P. Roberston, A. T. Pterson, and M. W. Mansell. 2008. "Ecological Niches and Potential Distributions of Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis Capitata*) and Natal Fruit Fly (*Ceratitis Rosa*)." *J Biogeography* 35:270–81.
- MinAgricultura, and Agronet. 2018. "Evite La Propagación de La Mosca de Las Frutas." Retrieved August 29, 2022 (<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Evite-la-propagaci%C3%B3n-de-la-mosca-de-las-frutas.aspx>).
- Ortego F., C. Magaña, P. Hernández-Crespo, and P. Castañera. 2005. "Detección de Resistencia a Insecticidas En *Ceratitis Capitata*: Bases Bioquímicas y Moleculares. ." *Phytoma España* 173:63–66.
- Ouarhach, Aicha, Loubna Ait Said, Houda Aboussaid, Ichrak Ghalbane, Said el Messoussi, and Abderrahmane Romane. 2022. "Evaluation of Insecticidal Activity of *Lavandula Coronopifolia* Essential Oil against the Mediterranean Fruit Fly *Ceratitis Capitata* Wiedemann. (Diptera: Tephritidae)." *South African Journal of Botany* 149:748–53. doi: 10.1016/J.SAJB.2022.05.026.

- Papadopoulos, Nikos T. 2014. "Fruit Fly Invasion: Historical, Biological, Economic Aspects and Management." Pp. 219–52 in *Trapping and the Detection, Control, and Regulation of Tephritid Fruit Flies: Lures, Area-Wide Programs, And Trade Implications*. Springer Netherlands.
- Pavanello, Sofia, and Erminio Clonfero. 2000. "Biological Indicators of Genotoxic Risk and Metabolic Polymorphisms." *Mutation Research - Reviews in Mutation Research* 463(3):285–308. doi: 10.1016/S1383-5742(00)00051-X.
- Pitts, R. J., and L. J. Zwiebel. 2001. "Isolation and Characterization of the Xanthine Dehydrogenase Gene of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis Capitata*." *Genetics* 158(4):1645–55. doi: 10.1093/genetics/158.4.1645.
- Quilici, S., T. Atiama-Nurbel, and T. Brévault. 2014. "Plant Odors as Fruit Fly Attractants." Pp. 119–44 in, edited by Springer Publishing. Nueva York, NY.
- Quilici, Serge. 1999. "La Mouche Méditerranéenne Des Fruits Ou Cératite *Ceratitis (Ceratitis) Capitata* (Wiedemann), Diptera : Tephritidae. Nom Anglais : The Mediterranean Fruit Fly." doi: 10.3/JQUERY-UI.JS.
- Rahman, M. Atiqur, Jaber S. Mossa, Mansour S. Al-Said, and Mohammed A. Al-Yahya. 2004. "Medicinal Plant Diversity in the Flora of Saudi Arabia 1: A Report on Seven Plant Families." *Fitoterapia* 75(2):149–61. doi: 10.1016/J.FITOTE.2003.12.012.
- Shelly, T., N. D. Epsky, E. B. Jang, J. Reyes-Flores, and R. Vargas. 2014a. "Recent Development and Applications of Bait Stations for Integrated Pest Management of Tephritid Fruit Flies." Pp. 457–82 in *Trapping and the Detection, Control, and Regulation of Tephritid Fruit Flies*, edited by Todd Shelly, N. Epsky, Eric B Jang, Jesus Reyes-Flores, and Roger Vargas. New York, NY, USA: Springer Publishing.
- Shelly, T., N. D. Epsky, E. B. Jang, J. Reyes-Flores, and R. Vargas. 2014b. "Trapping to Monitor Tephritid Movement: Results, Best Practice, and Assessment of Alternatives." Pp. 175–217 in *Trapping and the Detection, Control, and Regulation of Tephritid Fruit Flies*. New York, NY, USA : Springer Publishing.
- Srivastava, Akhileshwar Kumar, and Divya Singh. 2020. "Assessment of Malathion Toxicity on Cytophysiological Activity, DNA Damage and Antioxidant Enzymes in Root of *Allium Cepa* Model." *Scientific Reports* 10(1). doi: 10.1038/s41598-020-57840-y.
- Suckling, David Maxwell, John M. Kean, Lloyd D. Stringer, Carlos Cáceres-Barrios, Jorge Hendrichs, Jesus Reyes-Flores, and Bernard C. Dominiak. 2016. "Eradication of Tephritid Fruit Fly Pest Populations: Outcomes and Prospects." *Pest Management Science* 72(3):456–65. doi: 10.1002/PS.3905.
- Tan, Keng Hong, Ritsuo Nishida, Eric B. Jang, and Todd E. Shelly. 2014. "Pheromones, Male Lures, and Trapping of Tephritid Fruit Flies." *Trapping and the Detection, Control, and*

- Regulation of Tephritid Fruit Flies: Lures, Area-Wide Programs, And Trade Implications* 15–74. doi: 10.1007/978-94-017-9193-9_2.
- Tena, Alejandro, José Catalán, Alberto Urbaneja, and J. Jacas. 2011. “Gestión Integrada de Plagas En Cítricos: Aplicación Práctica.” *PHYTOMA España*, June, 30–37.
- Triana, Jorge, Mariana López, Francisco J. Pérez, Javier González-Platas, José Quintana, Francisco Estévez, Francisco León, and Jaime Bermejo. 2005. “Sesquiterpenoids from *Pulicaria Canariensis* and Their Cytotoxic Activities.” *Journal of Natural Products* 68(4):523–31. doi: 10.1021/NP0496183/SUPPL_FILE/NP0496183SI20050215_123922.PDF.
- Urbaneja A., J. Catalán, A. Tena, and J. Jacas. 2012. “Gestión Integrada de Plagas de Cítricos.” Retrieved August 30, 2022 (<http://gipcitricos.ivia.es>).
- Valencia fruits. 2021. “Los Cítricos Españoles Conservan Su Posición Líder En Europa.” *Seminario Hortofrutícola*. Retrieved August 30, 2022 (<https://valenciafruits.com/citricos-espanyoles-conservan-posicion-lider-europa/>).
- White, I. M., and M. M. Elson-Harris. 1992. “Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics.” in *CAB International*. Wallingford, UK.
- Williams, Christine A., Jeffrey B. Harborne, Jenny R. Greenham, Renée J. Grayer, Geoffrey C. Kite, and John Eagles. 2003. “Variations in Lipophilic and Vacuolar Flavonoids among European *Pulicaria* Species.” *Phytochemistry* 64(1):275–83. doi: 10.1016/S0031-9422(03)00207-3.
- Yokota, Kei, Masamichi Fukuda, Ritsuko Katafuchi, and Tadashi Okamoto. 2017. “Nephrotic Syndrome and Acute Kidney Injury Induced by Malathion Toxicity.” *BMJ Case Reports* 2017. doi: 10.1136/bcr-2017-220733.
- Yusufoglu, Hasan S., Mohammed H. Alqarni, Mohammad Ayman Salkini, Nurhayat Tabanca, Betul Demirci, and Paul E. Kendra. 2021. “Chemical Composition of Essential Oils of *Pulicaria* Species Growing in Saudi Arabia and Activity for Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis Capitata*.” *Phytochemistry Letters* 46:51–55. doi: 10.1016/J.PHYTOL.2021.08.021.