



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**INTERACCIONES TRITRÓFICAS  
ENTRE MOSCAS DE LA FRUTA (DIPTERA,  
TEPHRITIDAE), SUS HOSPEDANTES Y  
PARASITOIDES EN LAS PRINCIPALES  
REGIONES FRUTÍCOLAS DEL URUGUAY**

**María Victoria Calvo Silvera**

Doctora en Ciencias Agrarias opción  
Ciencias Vegetales

Diciembre 2020

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Dr. Eduardo Dellacassa (Presidente),  
Dr. Martín Bollazzi, Dr. Diego Segura, Dr. Dori E. Nava el 18 de diciembre de 2020.  
Autora Lic. M.Sc. María Victoria Calvo Silvera, Director: Dr. Andrés González  
Ritzel, Co-director: Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

Dedico este trabajo a mis padres Julio y Zully  
y a mi hijo Juan Pedro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos para:

Mi orientador Dr. Andrés González por su guía, consejos y paciencia durante todo este proceso. A mi Co-orientador Dr. Flávio Garcia por transmitirme sus conocimientos y entusiasmo sobre la bioecología de insectos.

Beatriz Scatoni por ser el pilar fundamental en el desarrollo de mi carrera, por su constante guía, calidez e invaluable consejos.

Los integrantes del Tribunal por su disposición a revisar, corregir y realizar valiosos aportes para mejorar este trabajo. Los integrantes del Comité de Seguimiento Dr. César Basso y Dr. Marcos Botton por su colaboración durante la tesis.

Felicia Duarte y Soledad Delgado por la ayuda y amistad durante todos estos años.

Los compañeros de la Unidad de Entomología de la Facultad de Agronomía y a los del Laboratorio de Ecología Química de la Facultad de Química por la ayuda brindada durante este trabajo y estar siempre dispuestos a responder mis dudas.

Alejandra Borges y Carmen Rossini por la orientación brindada para los análisis.

La DGSA de Salto, especialmente a Elina Zefferino y Wuilliam Techeira. INIA Las Brujas, productores y empresas que permitieron el ingreso a sus predios para el desarrollo de la tesis.

CAPES-UDELAR, ANII-FMV, INIA FPTA, Becas CAPES, ANII y CAP por la financiación recibida mediante proyectos y becas para realizar esta tesis.

Mi familia y amigos por todo el apoyo, amor y paciencia. A mis hermanos y sobrinos por la invaluable ayuda con Juan Pedro durante mis largas ausencias.

## TABLA DE CONTENIDO

	página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	IV
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY .....	IX
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. LAS MOSCAS DE LA FRUTA <i>Ceratitis capitata</i> (Wied.) y <i>Anastrepha fraterculus</i> (Wied.)</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1.1. <u>Distribución e importancia a nivel mundial</u></b> .....	<b>1</b>
<b>1.1.2. <u>Biología y ciclo estacional</u></b> .....	<b>5</b>
<b>1.1.3. <u>Hospedantes y daños</u></b> .....	<b>7</b>
<b>1.1.4. <u>Estrategias de manejo de moscas de la fruta</u></b> .....	<b>9</b>
<b>1.1.5. <u>Interacciones químicas entre <i>Anastrepha fraterculus</i> y sus hospedantes</u></b> .....	<b>11</b>
<b>1.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.1. <u>Objetivos específicos</u></b> .....	<b>14</b>
<b>2. <u>FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y ANÁLISIS FAUNÍSTICO DE LAS MOSCAS DE LA FRUTA Y SU RELACIÓN CON LOS HOSPEDANTES EN DIFERENTES AGROECOSISTEMAS</u></b> .....	<b>15</b>
<b>2.1. RESUMEN</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2. SUMMARY</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.1. <u>Área de estudio</u></b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.2. <u>Colecta de adultos en trampas</u></b> .....	<b>20</b>
<b>2.4.2.1. Análisis de las capturas</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.4.2. Análisis faunístico</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.4.3. Análisis estadísticos</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5. RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>

2.5.1. <u>Especies de tefrítidos colectadas</u> .....	23
2.5.2. <u>Análisis faunístico</u> .....	24
2.5.3. <u>Fluctuación de poblaciones</u> .....	26
2.5.4. <u>Fluctuación poblacional y su relación con variables climáticas</u> .....	30
2.5.5. <u>Distribución espacial de la abundancia</u> .....	33
2.5.6. <u>Relación captura-hospedante</u> .....	34
2.6. DISCUSIÓN .....	39
2.6.1. <u>Fluctuación poblacional y relación con las variables climáticas</u> .....	42
2.6.2. <u>Distribución espacial y su relación con los hospedantes</u> .....	44
2.7. BIBLIOGRAFÍA .....	47
<b>3. <u>HOSPEDANTES Y PARASITOIDES DE LAS MOSCAS DE LA FRUTA (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EN URUGUAY</u></b> .....	<b>53</b>
3.1. RESUMEN.....	53
3.2. SUMMARY .....	54
3.3. INTRODUCCIÓN .....	55
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.5. RESULTADOS.....	59
3.6. DISCUSIÓN .....	68
3.7. BIBLIOGRAFÍA .....	74
<b>4. <u>CHEMICAL CUES AND FRUIT RIPENING: BEHAVIORAL AND ELECTROPHYSIOLOGICAL RESPONSES OF <i>Anastrepha fraterculus</i> (DIPTERA: TEPHRITIDAE) TO VOLATILES FROM NATIVE HOSTS</u></b> .....	<b>79</b>
4.1. RESUMEN.....	79
4.2. SUMMARY .....	80
4.3. INTRODUCTION.....	81
4.4. MATERIALES AND METHODS.....	83
4.4.1. <u>Experimental insects</u> .....	83
4.4.2. <u>VOC collection and analysis</u> .....	83
4.4.3. <u>Electrophysiology</u> .....	85
4.4.4. <u>Olfactometer bioassays</u> .....	85
4.4.5. <u>Field-Cage bioassays</u> .....	86

4.5. RESULTS .....	87
4.5.1. <u>Fruit VOC analysis</u> .....	87
4.5.2. <u>Electrophysiology</u> .....	93
4.5.3. <u>Olfactometer bioassays</u> .....	95
4.5.4. <u>Field-Cage bioassays</u> .....	97
4.6. DISCUSSION .....	97
4.7. REFERENCES .....	103
5. <u>DISCUSIÓN GENERAL, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS</u> .....	109
5.1. DISCUSIÓN GENERAL.....	109
5.2. CONCLUSIONES.....	118
5.3. PERSPECTIVAS .....	120
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	121
7. <u>ANEXOS</u> .....	132
7.1. THE <i>Curvicauda</i> SPECIES GROUP OF <i>Anastrepha</i> SCHINER, 1868 (DIPTERA, TEPHRITIDAE, TRYPETINAE) IN URUGUAY: NEW RECORDS OF SPECIES AND HOST PLANT .....	133
7.2. FIRST REPORT OF <i>Neosilba pradoi</i> AND <i>Dasiops frieseni</i> (DIPTERA, LONCHAEIDAE) IN CULTIVATED AND WILD HOSTS IN URUGUAY.....	138

## RESUMEN

Las moscas de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann) y *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Tephritidae) son especies polífagas y de gran importancia económica en Uruguay que generan limitaciones en la producción. Comprender las interacciones tritróficas entre tefrítidos, sus hospedantes y sus enemigos naturales, así como determinar los compuestos volátiles que median estas interacciones, aporta conocimientos para la gestión integrada de este grupo. Los objetivos de esta tesis fueron, determinar las especies de tefrítidos presentes en el país, sus parasitoides, correlacionarlos con sus respectivos hospedantes y determinar la fluctuación poblacional de *C. capitata* y *A. fraterculus*. Conocer los volátiles producidos por especies hospedantes, y su rol como claves químicas en la localización de hospedantes por parte de las moscas. Para ello se colocaron trampas McPhail y se colectaron frutos en diversos ecosistemas naturales y productivos en el norte y sur del país. Se estudiaron los compuestos volátiles que median la interacción en un sistema nativo *A. fraterculus* con *Acca sellowiana* y *Psidium cattleianum*. Se registraron nuevas especies para el país: *Anastrepha dissimilis*, *Anastrepha nigra*, *Anastrepha australis* y *Anastrepha littoralis* (Diptera: Tephritidae), *Neosilba pradoi* y *Diasiopos friesenii* (Diptera: Loncheidae), y *Opius bellus*, *Utetes anastrephae*, *Doryctobracon areolatus* y *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). *Ceratitis capitata* se desarrolla mejor en ecosistemas perturbados que *Anastrepha fraterculus* que se adapta mejor a ecosistemas con poca intervención antropogénica. Los frutos inmaduros y maduros de *A. sellowiana* y *P. cattleianum* mostraron diferencias en sus perfiles de compuestos volátiles, los que a su vez fueron atractivos para las hembras apareadas de *A. fraterculus*. Esto sugiere que pueden ser una clave química confiable para el insecto, sugiriendo su uso potencial como atrayentes para el manejo de esta especie.

**Palabras clave:** *Anastrepha*, *Ceratitis*, hospedantes nativos, hospedantes introducidos, kairomonas

**TRITROPHIC INTERACTIONS BETWEEN FRUIT FLIES (DIPTERA,  
TEPHRITIDAE), THEIR HOSTS AND PARASITOIDS IN THE MAIN  
FRUIT PRODUCTION REGIONS OF URUGUAY**

**SUMMARY**

Fruit flies, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) and *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) cause severe damage to fruit production in Uruguay. Understanding the tritrophic interactions between Tephritidae, their hosts and their natural enemies, as well as determining the volatile compounds that mediate these interactions, would provide knowledge to manage this group. The objectives of this thesis were to prospect the species of fruit flies present in the country, their parasitoids, and the establishment of hosts. Also, to determine the population fluctuation of *C. capitata* and *A. fraterculus*. Finally, to study the trophic interactions of fruit flies and its native hosts, to identify the volatiles produced by native host and their role as host location chemical cues. To do this, McPhail traps and fruit collections carried out in native and productive ecosystems in northern and southern Uruguay. The volatile compounds that mediate the interactions in a native system *A. fraterculus* and two hosts, *Acca sellowiana* and *Psidium cattleianum*, were also studied. As part of the results, new fruit fly species were registered: *Anastrepha dissimilis*, *Anastrepha nigra*, *Anastrepha australis*, *Anastrepha littoralis*, *Neosilba pradoi* and *Diasiopos frieseni* and the parasitoids *Opius bellus*, *Utetes anastrephae*, *Doryctobracon areolatus* and *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). *Ceratitis* performs best in disturbed agroecosystems while *A. fraterculus* adapts better to ecosystems with little anthropogenic intervention. The immature and mature fruits of *A. sellowiana* and *P. cattleianum* showed differences in their volatile profiles, and they were attractive to mated females of *A. fraterculus*. This suggests that volatile organic compounds may be a reliable host location signal for the insect, with potential use as attractant for the management of this species.

**Keywords:** *Anastrepha*, *Ceratitis*, native host, exotic host, kairomones

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. LAS MOSCAS DE LA FRUTA *Ceratitis capitata* (Wied.) Y *Anastrepha fraterculus* (Wied.)**

#### **1.1.1. Distribución e importancia a nivel mundial**

Las moscas de la fruta (Diptera, Tephritidae) causan daños directos e indirectos; los daños directos reducen la cantidad y calidad de los frutos, y los indirectos, ocasionado por ser plagas cuarentenarias, presentan una gran significancia económica por las restricciones de los mercados compradores de frutos frescos. Por lo tanto, medidas de manejo muy estrictas deben ser establecidas en pre y postcosecha para poder acceder a mercados internacionales. El uso de insecticidas para el control de estas moscas en Uruguay ha limitado el acceso a mercados donde algunos productos no son permitidos. Esta situación conlleva a un incremento en los costos de producción, así como a la necesidad de implementar técnicas alternativas de control y programas de manejo que demandan un compromiso de particulares y del estado, tanto a nivel nacional como regional (FAO-IAEA 2018, Cohen et al. 2008, Hendrichs 1996).

Debido a estas crecientes pérdidas, directas e indirectas, se ha planteado la necesidad de profundizar la investigación sobre moscas de la fruta para poder elaborar estrategias de manejo. En octubre de 2010 a nivel gubernamental se elaboró el Plan estratégico y diseño institucional para el sector cítrico, priorizándose la investigación a nivel nacional en el tema (Caputi y Montes, 2010), Por otro lado, el reciente acceso a mercados altamente exigentes como el de Estados Unidos incrementa la urgencia en los estudios tendientes a la gestión de estas plagas.

Entre los frutos frescos destinados a la exportación a nivel nacional, se destacan los cítricos y los arándanos, sumándose en los últimos años manzanas, peras y kaki (DIEA, 2010). Además, existe actualmente una producción creciente de pequeños frutos (mora y frambuesa) y de especies nativas (guayabo del país, pitanga y arazá). Todos estos frutales son hospedantes de moscas de la fruta, y su incidencia ha sido

uno de principales factores limitantes de la producción (Nava y Botton 2010, Gattelli et al. 2008, Garcia y Corseuil 2004, Salles 2000).

Debido al carácter cuarentenario, la determinación y asignación de la condición de hospedante para cada especie de mosca de la fruta ha sido fundamental en las decisiones estratégicas sobre el comercio nacional e internacional de frutos frescos. Para definir el uso del recurso por parte de los tefrítidos se deben comprender los mecanismos subyacentes involucrados en uso de la planta huésped, desde aspectos evolutivos, biológicos, ecológicos, fisiológicos y de comportamiento, que impulsan el uso de determinado hospedante (Aluja y Mangan, 2008)

Dentro la familia Tephritidae los géneros de mayor importancia económica son *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Anastrepha* y *Rhagoletis*. En estos géneros se ubican especies extremadamente polífagas y de gran importancia económica presentes en Uruguay, como *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Figura 1.1) y *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Figura 1.2) (Bentancourt y Scatoni 2010, Uchôa y Zucchi 1999, Dos Santos et al. 1998).

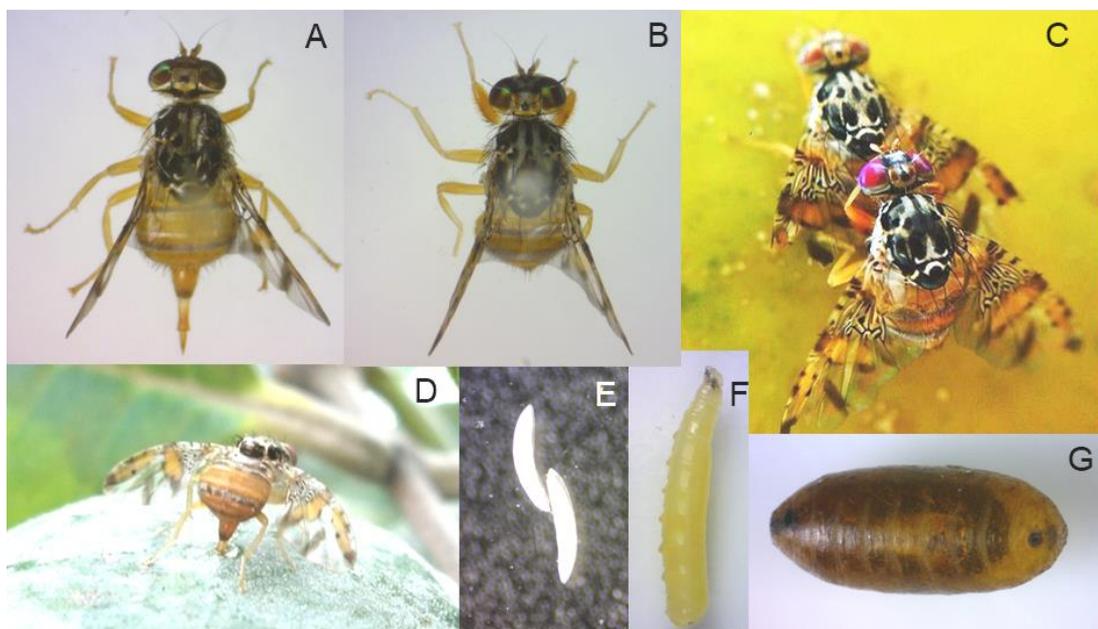


Figura 1.1. *Ceratitis capitata*. A. Hembra, vista dorsal. B Macho, vista dorsal. C. Cópula. D. Hembra ovipositando en fruto de *Acca sellowiana*. E. Huevos F. Larva de tercer estadio. G. Pupa.

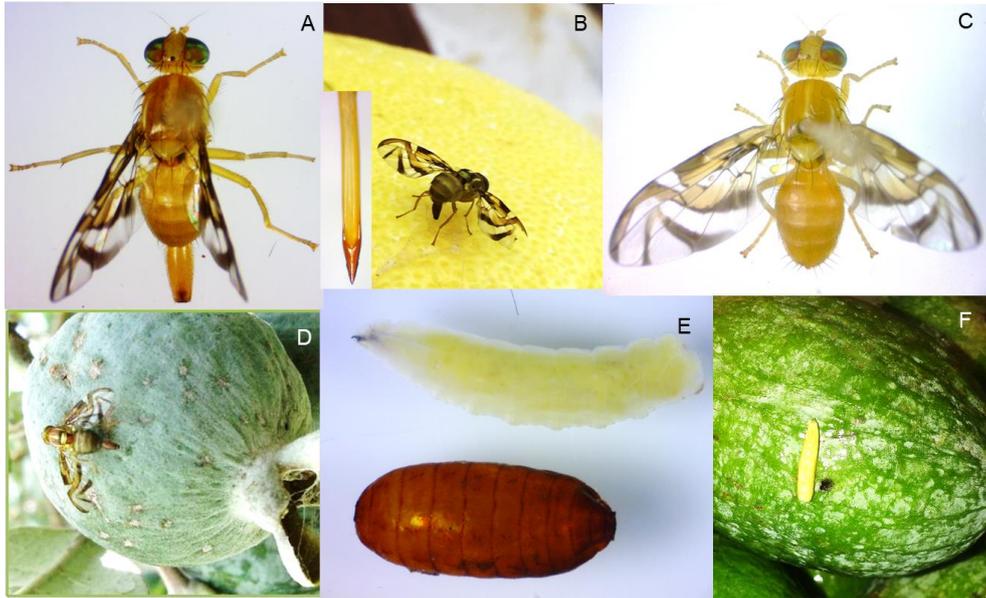


Figura 1.2. *Anastrepha fraterculus*. A. Hembra, B. Hembra ovipositando y detalle del oviscapo. C. Macho, vista dorsal. D. Hembra en *Acca sellowiana*, E. Larva de tercer estadio y pupa, F. Larva saliendo de fruto de *A. sellowiana*.

*Ceratitis capitata* es una de las principales plagas de frutales del mundo (Hafsi et al. 2020, Candia et al. 2018, Vera et al. 2002). Es originaria de la costa occidental de África y actualmente posee una amplia distribución mundial (Liquidó et al., 1990). Esta especie ocupa gran diversidad de ambientes y se considera casi cosmopolita (Papadopoulos et al. 2013, Malacrida et al. 2007) (Figura 1.3).



Figura 1.3. Distribución mundial de *Ceratitis capitata*.

El género *Anastrepha* es originario de las Américas, con una dispersión restringida a las áreas tropicales y subtropicales. La especie *A. fraterculus* es nativa de Sudamérica (Norrbom et al., 2012) y presenta la distribución más amplia del género, se distribuye desde México hasta Argentina (Figura 1.4), creciendo en importancia económica hacia el sur de América (Malavasi y Zucchi, 2000). Diversos estudios poblacionales han establecido que *A. fraterculus* forma un complejo de especies crípticas, dividiéndola en diferentes grupos divergentes compuesto por al menos ocho morfotipos diferentes agrupados en tres linajes fenotípicos. El linaje mesoamericano-caribeño está formado por morfotipos mexicanos y venezolanos. El linaje andino está formado por los morfotipos andino, peruano y ecuatoriano. Finalmente, el linaje brasileño se compone de tres morfotipos brasileños: Brazilian-1, Brazilian-2 y Brazilian-3 (Hernández-Ortiz et al., 2015).

En el linaje brasileño, el morfotipo Brazilian-1 incluye las poblaciones argentinas (Vera et al., 2006) y poblaciones del sur de Brasil (Dias et al. 2016, Vaníčková et al. 2015, Rull et al. 2013). En el estado de Sao Paulo, Brazilian-1 se superpone con Brazilian-2, donde ambos morfotipos mantienen su integridad genética a pesar de la simpatría y compatibilidad reproductiva parcial. También se encontró el morfotipo Brazilian-3 en simpatría con Brazilian-1 y Brazilian-2 en las zonas costeras del estado de Sao Paulo y en la meseta interior del sureste y sur de Brasil (Selivon et al., 2005). Estudios de compatibilidad sexual entre dos poblaciones de *A. fraterculus* de Argentina y Uruguay sugieren que las poblaciones uruguayas pertenecen al morfotipo Brazilian-1 (Duarte et al., 2019).



Figura 1.4. Distribución mundial de *Anastrepha fraterculus*.

### **1.1.2. Biología y ciclo estacional**

Estas especies de tefrítidos presentan hábitos diurnos y son activas particularmente en las horas más cálidas del día. Machos y hembras sexualmente maduros copulan sobre la canopia de plantas hospedantes o cercanas (Figura 1.5), principalmente en horas de la mañana (Segura et al. 2007, Hendrichs et al. 1991). Las hembras fecundadas insertan su ovipositor y ponen sus huevos dentro de los frutos, por debajo de la epidermis. Las larvas pasan por tres estadios y completan su desarrollo dentro de los mismos, deteriorándolos por completo provocando generalmente una caída prematura del fruto (Malavasi y Zucchi, 2000). Las larvas del último estadio abandonan el fruto y se entierran en el suelo a poca profundidad para pupar. Dentro del pupario enterrado se da la transformación al estado adulto, que una vez completado podrá romper esta envoltura y emerger del suelo para reanudar el ciclo. El único estado de desarrollo expuesto es el adulto (Malavasi y Zucchi, 2000), por lo que su detección temprana es imprescindible para evitar los ataques, y a él se dirigen la mayoría de las tácticas de control. Las hembras recién emergidas necesitan alimentarse de proteínas y azúcar previo a la reproducción (Uchôa, 2012) para alcanzar la madurez sexual y completar el desarrollo de los huevos (Christenson y Foote, 1960) e iniciar con la oviposición alrededor de una semana después de la emergencia. Los adultos pueden vivir hasta 5 meses (Salles, 2000). Tanto los adultos

como las larvas de *A. fraterculus* son algo más grandes que los de *C. capitata*. El ciclo de vida de *A. fraterculus* insume 430,6 GD, con un umbral inferior de desarrollo de 10,7 °C (Malavasi y Zucchi, 2000), mientras que el de *C. capitata* es más corto, insumiendo 330-350 GD con un umbral inferior de desarrollo de 9,3-9,6 °C (Ricalde et al., 2012). Estas diferencias en las exigencias térmicas, a priori leves, generan para las condiciones agroclimáticas uruguayas que se den 5-6 generaciones anuales de *A. fraterculus* en la zona sur y 7 generaciones en la zona norte, mientras que *C. capitata* alcanza las 7 generaciones anuales en la zona sur y 9 generaciones en la zona norte (Scatoni et al., 2019). Ambas especies son multivoltinas y no presentan diapausa, por lo que pueden desarrollarse de forma ininterrumpida a lo largo del año en presencia de hospedantes susceptibles; tienen así mismo un muy alto potencial reproductivo (Malavasi y Zucchi, 2000). Los frutos son atractivos para el ataque de estas moscas en un período próximo a la maduración. Es por esto que la abundancia de las poblaciones de tefrítidos va a depender de la disponibilidad de hospedantes con frutos. Factores abióticos como la temperatura y las precipitaciones pueden afectar la abundancia y fluctuación poblacional a lo largo del año. Habitualmente las poblaciones disminuyen durante los meses de invierno a causa de las bajas temperaturas. Dado que las pupas permanecen en el suelo, las lluvias intensas se consideran un factor importante de mortalidad por ahogamiento (Scatoni et al., 2019), principalmente en suelos de textura pesada.

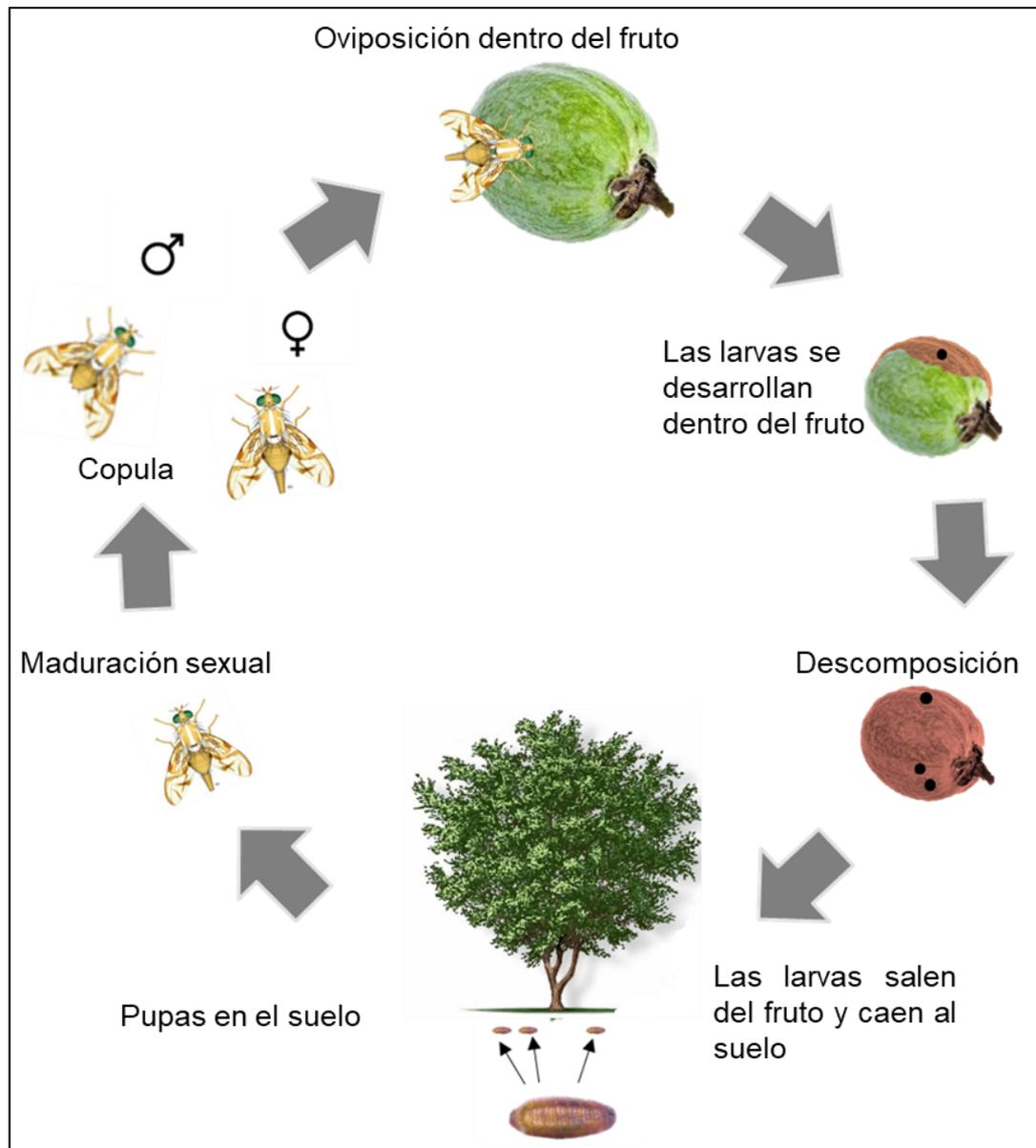


Figura 1.5. Ciclo biológico de las moscas de la fruta (Tomado de Yakimik, 2019).

### 1.1.3. Hospedantes y daños

Para *C. capitata* se han reportado 408 especies hospedantes (Liquido et al., 2019) y 177 para *A. fraterculus* (Hernández-Ortiz et al., 2019). Los ocho morfotipos de *A. fraterculus* presentes en América se desarrollan sobre hospedantes nativos y exóticos, con preferencia por los nativos. Sin embargo, se cree que son los hospedantes exóticos, en su mayoría cultivos de alto valor comercial, los que han

jugado un papel importante en la divergencia del complejo de especies (Hernández-Ortiz et al., 2019).

Los frutos, una vez atacados, pierden por completo su valor comercial a causa de la alimentación de las larvas en su interior. Incluso si las larvas no prosperan o si la hembra realizó punturas de prueba sobre los frutos para determinar su calidad, se generan daños indirectos ya que estos orificios permiten la entrada de microorganismos oportunistas que también pueden inviabilizar la comercialización. Las larvas de ambas especies se alimentan de la misma manera dentro de los frutos, por lo que no es posible diferenciarlas por la observación de sus daños directos (Figura 1.6).

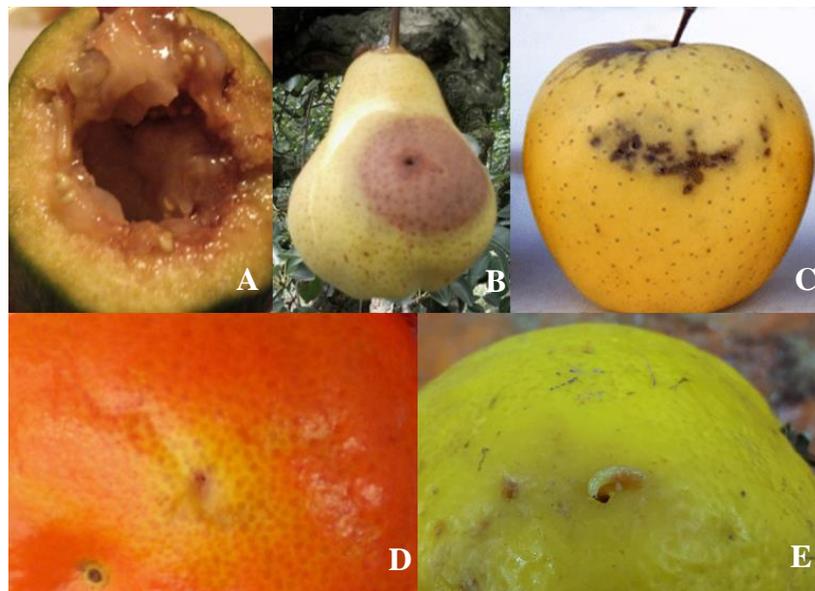


Figura 1.6. Daños ocasionados por las moscas de la fruta *Ceratitits capitata* y *Anastrepha fraterculus* en diferentes hospedantes A) *Acca sellowiana*, B) *Pyrus communis*, C) *Malus domestica*, D) *Citrus sinensis*, E) *Citrus paradisi*.

El desarrollo de estrategias para el manejo de las moscas de la fruta requiere una comprensión de la bioecología de las moscas y sus plantas hospedantes. Por un lado, establecer cuáles son las especies hospedantes para cada especie de mosca de la fruta permitiría diseñar los agroecosistemas para disminuir sus poblaciones. Por otro lado, comprender cuáles son las claves químicas, kairomonas, emitidas por los frutos que puedan ser importantes mediadores en el hallazgo de hospedantes.

#### **1.1.4. Estrategias de manejo de moscas de la fruta**

Si bien estas plagas pueden causar pérdidas importantes por los daños directos que provocan (Ekesi et al., 2005), su mayor importancia radica en que son plagas cuarentenarias para diversos mercados de exportación (Papadopoulos, 2014). *Ceratitis capitata* es cuarentenaria para los mercados de Estados Unidos y China, mientras que *A. fraterculus* lo es además para la Unión Europea (Scatoni et al., 2019). Para asegurar que los frutos con destino de exportación hacia estos mercados se encuentran libre de tefrítidos, los compradores exigen la aplicación de una serie de medidas cuarentenarias, como, por ejemplo, tratamientos de frío sobre cítricos (DGSA, 2017).

Los ataques de moscas de la fruta en Uruguay son cada vez más severos y se observan en todos los frutales, ocasionando pérdidas de gran magnitud. La existencia de altas poblaciones de *C. capitata* durante todo el año está vinculada a la gran adaptabilidad, multivoltinismo y polifagia de la especie (Liquido et al., 1990), sumado a factores propios de los agroecosistemas locales como gran diversidad de hospedantes en pequeñas áreas. Además, *A. fraterculus* puede desarrollarse también sobre cultivos de interés comercial, ocasionando pérdidas importantes a lo largo del año. Esto genera la necesidad de dedicar gran cantidad de recursos para controlar estas especies plaga y mantener sus poblaciones por debajo del umbral de daño económico.

El monitoreo de las poblaciones de moscas de la fruta resulta fundamental para tomar decisiones adecuadas de manejo. El programa de vigilancia de mosca de la fruta del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca de Uruguay, establece en su protocolo de monitoreo que se debe colocar una batería de trampas cada 100 hectáreas de cítricos en producción comercial. La batería está compuesta por dos tipos de trampas, para *C. capitata* se utiliza la trampa Jackson cebada con la paraferomona trimedlure, y para *A. fraterculus* una trampa de tipo McPhail cebada con proteína hidrolizada (DGSA, 2017). Las capturas que se obtengan en esas trampas se expresan como MTD (mosca/trampa/día), es decir el promedio de capturas de moscas por cada trampa por cada día que estuvo colocada, para luego definir los umbrales de captura a partir del cual se tomarán medidas de control en las diferentes situaciones

productivas. Este método de monitoreo con trampas Mc. Phail, tiene altas dificultades de mantenimiento. Las trampas deben recebarse semanalmente y el análisis de las muestras puede ser dificultoso ya que los tefrítidos no se observan fácilmente. Estas trampas capturan tanto machos como hembras de *A. fraterculus* y *C. capitata*, así como otros insectos no blancos, no siendo específicas como las trampas de paraferomona utilizadas en el caso de *C. capitata* (Delgado, 2020).

Entre las principales estrategias utilizadas para el control de moscas de la fruta se encuentran el saneamiento (control cultural), la aplicación de cebos tóxicos (control químico), las liberaciones de insectos estériles (control autocida), la liberación de parasitoides (control biológico) y el trampeo masivo (control etológico). Estas estrategias están dirigidas al control de diferentes etapas del ciclo de vida.

El control cultural implica recolectar los frutos atacados por moscas y retirarlos del cultivo, de modo de evitar que las larvas que se están desarrollando en estos frutos pupen en el suelo y aumente así la población. Una vez retirados los frutos deberían molerse finamente para destruir las larvas (Vargas et al., 2008) o enterrarlos a una profundidad mínima de 45 cm para evitar que los adultos emerjan (Klungness et al., 2005).

La Técnica del Insecto Estéril (TIE) o Técnica de Macho Estéril es un método autocida de control de plagas que depende de la capacidad de producir masivamente, esterilizar y liberar machos que puedan copular con las hembras silvestres (McInnis et al., 1996). Es una técnica efectiva cuando es aplicada en áreas amplias donde se considera el total de la población de la plaga, que puede estar distribuida en zonas de cultivo y zonas urbanas por ejemplo (Vargas et al., 2008).

Otra estrategia es el control biológico, a nivel general, los parasitoides son reconocidos como los agentes más efectivos para el control de tefrítidos (Ovruski y Schliserman 2012, Vargas et al. 2007, Montoya y Cancino 2004). Internacionalmente uno de los parasitoides más utilizados en esta estrategia es *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), que es capaz de parasitar tanto a *A. fraterculus* como a *C. capitata*.

Las estrategias de manejo utilizadas en Uruguay son el control químico y el trampeo masivo. El control químico se realiza mediante la combinación de un insecticida con

un atrayente alimenticio, en general de origen proteico (Vargas et al., 2008). El trampeo masivo consiste en el uso de atrayentes que, aplicados en una gran cantidad de trampas por hectárea, permiten remover un número importante de insectos adultos del ambiente. Se trata de una estrategia cada vez más utilizada para el control de tefrítidos en todo el mundo (Villalobos et al. 2017, Navarro-Llopis et al. 2008). La mayoría de los atrayentes son alimenticios, ya que las hembras de tefrítidos necesitan alimentarse antes de la cópula (Uchôa, 2012), momento oportuno para reducir daños. Los atrayentes utilizados en Uruguay, tanto para monitoreo como para trampeo masivo, fueron desarrollados para *C. capitata* (Jang et al., 2001). El inconveniente del uso de esta técnica es que no hay atrayentes desarrollados para el género *Anastrepha* (Tan et al., 2014). Al ser esta una especie de distribución restringida a su zona de origen, el desarrollo de semioquímicos eficientes para esta especie debe de provenir de investigaciones regionales.

#### **1.1.5. Interacciones químicas entre *Anastrepha fraterculus* y sus hospedantes**

Los insectos utilizan frecuentemente sustancias químicas en comunicación intraespecífica, percepción del medio e interacciones ecológicas. Los compuestos químicos que median la comunicación entre organismos son denominados semioquímicos, y su estudio ha sido fundamental para el desarrollo de estrategias de manejo de insectos plaga (Vilela y Kovaleski, 2000). Los comportamientos relacionados con el encuentro y selección de hospedantes se basan tanto en estímulos visuales como químicos (Wyatt, 2003). Los estímulos químicos pueden funcionar como sustancias atractivas (kairomonas) o repelentes (alomonas). Los insectos son capaces de detectar estas señales químicas a través del olfato o del gusto. Las señales olfativas se detectan fundamentalmente a través de la antena y en menor medida a través de los palpos labiales y maxilares. Detectan diferentes tipos de semioquímicos que ofician como moduladores del comportamiento, ya sea en la búsqueda de una pareja para la cópula, en la búsqueda de alimento o de un hospedante adecuado para que se desarrolle su progenie. También se presentan en los insectos variaciones en las respuestas a semioquímicos de acuerdo a si son especies polífagas y multivoltinas capaces de percibir un mayor número de señales ya que se mueven en ambientes de

mayor complejidad (Siderhurst y Jang, 2006), o en cambio especies monófagas y univoltinas, las que más probablemente responderán a señales más específicas emitidas por su hospedante (Rojas y Malo, 2012).

Los insectos herbívoros como las moscas de la fruta, son atraídos por diferentes volátiles producidos por las plantas. A su vez, la composición y concentración de estos volátiles no son constantes, sino que suelen variar de acuerdo con el estado fenológico de las mismas. A modo de ejemplo, los frutos verdes poseen concentraciones mayores de alcoholes y aldehídos de cadena cortas, en cambio los maduros tienen mayores concentraciones de ésteres (Macku y Jennings, 1987). Al final de la maduración, comienza la degradación de frutos, elevándose la concentración de ésteres y de otros volátiles como acetona, producidos por la acción de hongos y bacterias (Nevo y Ayasse, 2020). Estos cambios pueden ser importantes en particular en las interacciones entre tefrítidos y sus plantas hospedantes, ya que las moscas deben encontrar los frutos adecuados y en el estado de maduración necesario para oviponer. Es así que se han realizado muchos estudios para identificar compuestos volátiles de frutos que sean atractivos para distintas especies de tefrítidos, en busca fundamentalmente de componentes para el desarrollo de cebos atractivos (Lang et al., 2006). La información disponible para la atracción de *A. fraterculus* hacia sus hospedantes, sin embargo, es muy limitada en nuestra región.

Rojas y Malo (2012), señalan que, si bien ha habido experiencias exitosas en el uso de volátiles de plantas hospedantes como atrayentes de especies de tefrítidos, las dificultades pueden presentarse a la hora de extraerlos de las fuentes naturales o querer sintetizarlos, ya que su estructura química puede ser muy compleja. Los insectos responden mejor a la mezcla de compuestos volátiles que forman el perfil de un fruto, que a sus compuestos individuales. Por lo tanto, conocer estos compuestos y cómo afectan el comportamiento de los insectos nos permitiría elaborar mezclas igualmente atractivas, pero más simples químicamente. Diversas técnicas y metodologías que involucran el aislamiento, análisis e identificación de semioquímicos han sido la base para entender los procesos que median la comunicación entre insectos y hospedantes, así como para el desarrollo de alternativas de manejo. Con el desarrollo de equipos sofisticados de identificación, la

caracterización química de sustancias que median interacciones biológicas y fisiológicas ha proliferado. Sin embargo, el conocimiento de cómo los organismos emplean esa información aún se encuentra rezagado respecto a la caracterización química (Cardé y Millar, 2004).

La tesis está estructurada en 7 capítulos, siendo el capítulo 1 una breve introducción al tema con el objetivo general y los específicos, en el capítulo 5 se discuten los resultados en forma global con las principales conclusiones y perspectivas de trabajo y los capítulos 6 y 7 son la bibliografía general de la tesis y los anexos (artículos publicados) respectivamente. Los capítulos 2 y 3 corresponden en parte a los artículos publicados en los anexos, y parte a artículos que están en preparación. El capítulo 4 sigue los formatos establecidos en la tesis en general, pero está escrito en inglés dado que se enviará a la revista *Journal of Chemical Ecology*.

## **1.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

En Uruguay existen varias especies de tefrítidos. Las especies de importancia económica se desarrollan sobre una gran diversidad de hospedantes que determinan, en parte, su abundancia en distintos ecosistemas. Las interacciones tróficas entre moscas de la fruta y sus hospedantes están mediadas por interacciones químicas.

## **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Comprender las interacciones tritróficas entre tefrítidos, sus hospedantes y sus enemigos naturales en Uruguay, para aportar conocimientos a la gestión integrada de este grupo. Determinar los compuestos volátiles que median estas interacciones para distintas especies de tefrítidos, en especial nativos, y sus plantas hospedantes cultivadas y silvestres

### **1.3.1. Objetivos específicos**

1. Identificar las especies de tefrítidos presentes en el país, los parasitoides asociados y correlacionarlos con sus respectivos hospedantes.
2. Determinar la fluctuación poblacional de *C. capitata* y *A. fraterculus* y caracterizar la comunidad de tefrítidos de cada región a través de análisis faunístico.
3. Determinar las interacciones tróficas de las especies de importancia económica en diferentes especies vegetales y el porcentaje de parasitismo
4. Determinar los volátiles producidos por principales especies hospedantes y su función como claves químicas.

## **2. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y ANÁLISIS FAUNÍSTICO DE LAS MOSCAS DE LA FRUTA Y SU RELACIÓN CON LOS HOSPEDANTES EN DIFERENTES AGROECOSISTEMAS**

### **2.1. RESUMEN**

En nuestro país la información sobre la familia Tephritidae y sus hospedantes es escasa. Los objetivos fueron, realizar una prospección de las especies de tefrítidos ocurrentes en el país y caracterizar dicha comunidad en cada región, estudiar la fluctuación de las especies plaga, su relación con las variables climáticas y con sus hospedantes. El estudio se realizó en las principales áreas frutícolas del país donde se instalaron 81 trampas McPhail cebadas con proteína hidrolizada y agua y 15 trampas Jackson (Trimedlure). Se registraron 6 especies de tefrítidos, *Ceratitidis capitata*, *Anastrepha fraterculus*, *Anastrepha australis*, *Anastrepha nigra*, *Anastrepha littoralis* y *Anastrepha dissimilis*, siendo estas cuatro últimas nuevos registros para el país. Se capturaron un total de 26390 moscas, siendo el 94 % pertenecientes a *C. capitata*. En todos los ecosistemas *C. capitata* es la especie dominante, muy frecuente y constante, se desarrolla muy bien en ambientes perturbados como los cultivos comerciales, siendo muy buena competidora, lo que explicaría su dominancia. *Anastrepha fraterculus* es en general una especie no dominante, poco frecuente, accesoria o rara. Esta tendencia se observa por hospedante en todas las regiones salvo en San Antonio, donde es una especie frecuente en todos los hospedantes, dominante y constante en guayabos. *Anastrepha fraterculus* es una especie que se adapta mejor a ecosistemas poco perturbados, lo que explica los índices obtenidos en San Antonio que no posee interés comercial. Las temperaturas y las precipitaciones podrían estar explicando en parte su abundancia. El conocimiento sobre la importancia de cada hospedante, los factores climáticos, así como los ecosistemas son fundamentales para entender el desarrollo de las poblaciones de los tefrítidos. Estos factores sumados al conocimiento de los índices de infestación, la alternancia de los frutos susceptibles y su distribución regional, son claves para los programas de manejo integrado de moscas de la fruta.

Palabras clave: *Anastrepha*, *Ceratitidis capitata*, diversidad, hospederos

## 2.2. SUMMARY

In our country, information on the Tephritidae family and their hosts is scarce. The objectives of this work were, to record the tephritid species occurring in Uruguay and to characterize the tephritid community. To study the fluctuation of their populations, as well as their relationship with climatic variables and with their hosts. The study was carried out in the main fruit growing areas of the country. Eighty-one McPhail traps and 15 Jackson traps were installed. The population fluctuation was analyzed for each studied agroecosystem in relation to the available hosts. Six species of fruit flies were registered, *Ceratitis capitata*, *Anastrepha fraterculus*, *Anastrepha australis*, *Anastrepha nigra*, *Anastrepha littoralis* y *Anastrepha dissimilis*, of which the last four are new records for Uruguay. A total of 26390 flies were captured, with 94% belonging to *C. capitata*. In all agroecosystems *C. capitata* is the dominant species. This trend is maintained for all hosts except *Acca sellowiana* in San Antonio (Salto), where it is non-dominant. *Ceratitis capitata* is a good competitor and develops very well in disturbed environments such as commercial crops, which would explain its dominance. *Anastrepha fraterculus* in general, it is a rare, accessory or accidental specie, but in San Antonio it is frequent and constant. This trend is observed also in the analysis by host in all regions except San Antonio, where it is a frequent species in all hosts, but dominant and constant in guava trees, accessory in peach trees and constant in orange trees. *Anastrepha fraterculus* is a species that adapts better to non-disturbed ecosystems, which explains the indices obtained in San Antonio, where the crops belong to an Experimental Station and are not of commercial interest. When the climatic conditions are analyzed, two parameters are found that could explain part of their abundance: temperatures and rainfall. The knowledge of the importance of each host, the climatic factors, as well as the environments in which the crops develop, are all fundamental to understand the development of Tephritidae populations. These factors, added to the knowledge of infestation rates, the alternation of susceptible host and their spatial distribution, are key to fruit fly integrated management programs.

Keywords: *Anastrepha*, *Ceratitis capitata*, diversity, hosts

### 2.3. INTRODUCCIÓN

Las moscas de la fruta pertenecientes a la familia Tephritidae, causan severos daños a la producción frutícola mundial. Los géneros de mayor importancia económica son: *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Anastrepha* y *Rhagoletis*; dentro de los cuales se ubican especies extremadamente polífagas y de gran importancia económica en nuestro medio como *Ceratitis capitata* (Wiedemann) y *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann). La existencia de estas especies de moscas de la fruta genera limitaciones en lo económico, ya que causan daño directo sobre los cultivos en los cuales se desarrollan o impiden su comercialización debido a restricciones cuarentenarias (Bentancourt y Scatoni 2010, Uchôa y Zucchi 1999).

La mosca del Mediterráneo, *C. capitata*, presenta una amplia distribución mundial, gran adaptabilidad a condiciones climáticas variadas, elevado potencial reproductivo y es extremadamente polífaga. Se presenta como la plaga de mayor importancia económica en la citricultura mundial, y bajo determinadas condiciones agroclimáticas como plaga primaria en durazneros, perales y manzanos. En ausencia de control *C. capitata* puede provocar pérdidas de hasta un 100% de la producción (Ekesi et al. 2005, Lanzavecchia 2004). *Ceratitis capitata* es una especie abundante en plantas pertenecientes a la familia de las Rutaceae y se adapta favorablemente a ambientes perturbados, con predominancia de frutos exóticos (Ovruski et al., 2003)

La mosca Sudamericana, *A. fraterculus*, es una especie polífaga que vive sobre una amplia gama de frutos silvestres y cultivados, siendo la especie de moscas de la fruta de mayor importancia económica en la región Neotropical (Malavasi et al., 2000) y de gran importancia para el país a pesar de que su incidencia es inferior a la de *C. capitata*. En Uruguay están reportadas solamente dos especies del género *Anastrepha*, *A. fraterculus* y *A. australis* (Blanchard) (previamente *Toxotrypana australis*) (Silveira-Guido y Habeck, 1976). Sin embargo, este género es el más diverso en América siendo descriptas más de 200 especies (Hernández-Ortiz et al. 2019, Zucchi 2000). En Brasil, la mayoría de las moscas de la fruta pertenece a este género, 81 especies se conocen en el estado de Santa Catarina (García y Norrbom, 2011) y 43 en Rio Grande do Sul (García y Corseuil, 2004), siendo sólo conocidos los hospedantes para 44% de las especies (Zucchi, 2000). *Anastrepha fraterculus* se

encuentra predominantemente en plantas de la familia Myrtaceae en algunas Rosaceae, y Rutaceae (Hernández-Ortiz et al. 2019, Segura et al. 2006, Malavasi et al. 2000).

Los ataques de moscas de la fruta en nuestro país son cada vez más severos y se observan en todos los cultivos, y las medidas de control aplicadas son insuficientes para prevenirlos. Ambas especies de tefrítidos son especies multivoltinas y no presentan diapausa (Aluja y Mangan, 2008), por lo cual para sobrevivir necesitan disponer de hospedantes continuamente (Aluja et al., 2014). La abundancia poblacional de cada especie va a depender tanto de la distribución de los hospedantes susceptibles en el tiempo y en el espacio, así como de los factores abióticos de mortalidad (Aluja et al., 2012). La combinación y disponibilidad de hospedantes en los diferentes agroecosistemas puede ser una de las causas de la severidad del daño, siendo agravada por lo que han sido los cambios climáticos en los últimos años. Los factores abióticos como temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y lluvias influyen de forma significativa en la abundancia de las poblaciones de las moscas de la fruta (Vayssières et al. 2009, Santos 2008, Segura et al. 2004). Estos factores afectan el desarrollo y la sobrevivencia de los diferentes estados de desarrollo, la fecundidad y la longevidad de los adultos.

La polifagia observada en *C. capitata* y *A. fraterculus* y la presencia de hospedantes cultivados y silvestres asegura que las poblaciones puedan desarrollarse durante todo el año por lo menos en algunas regiones (García et al. 2003, Ovruski et al. 2003). Es por ello que estudios tales como análisis faunísticos y de fluctuación poblacional de moscas de la fruta, los que nos permiten conocer las épocas de ocurrencia de adultos y su abundancia, brindan información útil para la planificación de estrategias de manejo (Aguar-Menezes et al. 2008, Aguar-Menezes y Menezes 2000, García y Corseuil 1998a). Además, conocer la dinámica poblacional de las moscas de la fruta en relación a los hospedantes y al hábitat, permite reducir el uso de insecticidas (Silva-Araujo et al., 2019).

Los objetivos de este trabajo fueron, por un lado, realizar una prospección de las especies de tefrítidos presentes en el país y caracterizar la comunidad de tefrítidos de cada región a través de análisis faunístico. Por otro, para las especies de importancia

económica, estudiar la fluctuación de sus poblaciones, así como su relación con las variables climáticas y con sus hospedantes.

## 2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en las principales áreas frutícolas del país. Los sitios de muestreo se seleccionaron teniendo en cuenta la máxima diversidad de hospedantes cultivados, tanto cítricos como de hoja caduca, y nativos de cada localidad. Se escogieron 3 lugares en el sur: sitio 1 Melilla (Montevideo), sitio 2 Cerrillos y Las Brujas (Canelones) y sitio 3 Kiyú (San José), y un lugar en el norte sitio 4 San Antonio (Salto) (Figura 2.1). Los sitios 1 y 2 están compuestos por establecimientos comerciales que poseen una diversidad de frutales de hoja caduca, cítricos y especies nativas como el guayabo (*Acca sellowiana*). El sitio 3 es un establecimiento comercial con gran área dedicada a cítricos y frutales de hoja caduca, pero no posee frutales nativos o silvestres en el predio. El Sitio 4 es la Estación Experimental de Facultad de Agronomía de Salto (EEFAS), ubicada en la localidad de San Antonio. En este sitio se encuentra una gran diversidad de cítricos, durazneros y especies con escaso interés comercial como frutales nativos entre otras.

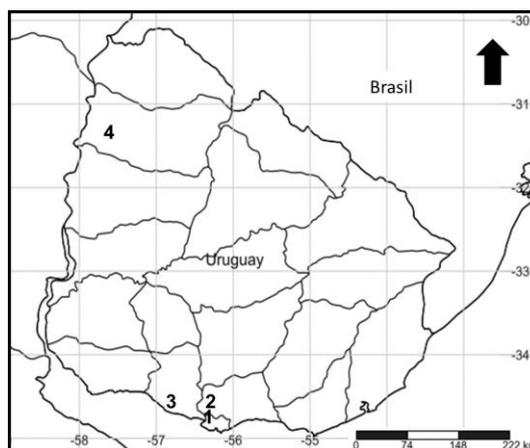


Figura 2.1. Mapa del Uruguay con los sitios de colecta de tefrítidos. sitio 1: Montevideo, sitio 2: Canelones, sitio 3: San José y sitio 4: Salto.

#### **2.4.2. Colecta de adultos en trampas**

Para determinar la fluctuación de poblaciones de *C. capitata* y *A. fraterculus* y analizar la diversidad de tefrítidos, se instalaron 81 trampas McPhail y 15 trampas Jackson. Las trampas McPhail (Figura 2.2) fueron cebadas con proteína hidrolizada estabilizada con bórax para evitar la descomposición. Éste es un atrayente alimenticio por lo cual se capturan diversas especies. Para cada trampa se utilizaron 4 pellets (Susbin Argentina) con 250 cc de agua y fueron recebadas quincenalmente. Las trampas Jackson fueron cebadas con un atrayente sexual específico para capturar machos de *C. capitata*. Este cebo es una paraferomona a base de trimedlure (TML) (Susbin Argentina), la cual se cambió cada 45 días y los pisos engomados se repusieron cuando fue necesario (Figura 2.2). Las trampas se ubicaron en manzanos, perales, membrilleros, durazneros, naranjos, mandarinos, pomelos y guayabos (Cuadro 2.1). En todos los casos el número de trampas fue determinado en base al tamaño y forma de la parcela, tratando de tener tres repeticiones por especie frutal y respetando la distancia mínima de 50 m entre trampas para evitar interferencias. Las trampas fueron colocadas a 1,5 m desde el suelo, procurando de que quedaran a la sombra y buscando que las moscas tuvieran fácil acceso a ellas. Las trampas fueron revisadas quincenalmente. Para los sitios 1 a 3 se registraron las capturas entre agosto de 2013 y junio de 2016, y en el sitio 4 entre agosto de 2013 y mayo de 2015. La identificación de los tefrítidos fue realizada en base a Zucchi (2000) y la clave interactiva Intkey for Windows, Version 5.11 (Norrbon et al. 2012).



Figura 2.2 Trampas McPhail izquierda y Jackson derecha.

Cuadro 2.1. Área de estudio, especies vegetales por sitios de muestreo en el sur y norte del país, período de colecta y localización de los cultivos donde se colgaron las trampas.

Período de Colecta	Sitio	Localidad/ Departamento	Coordenadas geográficas	Especie Frutal/Cultivar
Agosto 2013 - Junio 2016	1	Melilla/ Montevideo	34°43'49"S 56°17'02"O	<i>Malus domestica</i> cv Cripps Pink
			34°43'52"S 56°17'01"O	<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia
			34°43'51"S 56°17'01"O	<i>Prunus persica</i> cv Elegant Lady
			34°44'05"S 56°16'52"O	<i>Acca sellowiana</i>
			34°44'03"S 56°16'50"O	<i>Pyrus communis</i> cv William's
			34°44'03"S 56°17'06"O	<i>Prunus persica</i> cv Pavía
Agosto 2013 - Junio 2016	2	Cerrillos- Las Brujas/ Canelones	34°37'09"S 56°21'47"O	<i>Malus domestica</i> cv Cripps Pink
			34°37'14"S 56°21'46"O	<i>Malus domestica</i> cv EarlyRedOne
			34°37'18"S 56°21'23"O	<i>Citrus paradisi</i> cv Duncan
			34°37'02"S 56°21'49"O	<i>Citrus reticulata</i> cv Montenegrina
			34°37'09"S 56°21'45"O	<i>Pyrus communis</i> cv William's
			34°37'03"S 56°21'56"O	<i>Cydonia oblonga</i> cv Manzana
			34°37'04"S 56°21'54"O	<i>Prunus persica</i> cv Pavía Manteca
			34°37'07"S 56°21'46"O	<i>Acca sellowiana</i>
Agosto 2013 - Junio 2016	3	Kiyú/ San José	34°41'08"S 56°23'37"O	<i>Malus domestica</i> cv Cripps Pink
			34°38'16"S 56°43'34"W	<i>Citrus sinensis</i> x <i>C. reticulata</i> cv Elendale
			34°38'01"S 56°43'32"O	<i>Citrus sinensis</i> cv Washington Navel
			34°38'15"S 56°43'42"O	<i>Malus domestica</i> cv Red Delicious
			34°38'15"S 56°43'38"O	<i>Prunus persica</i> cv Elegant Lady
Agosto 2013 - Mayo 2015	4	San Antonio/ Salto	34°38'14"S 56°43'47"O	<i>Prunus persica</i> cv Rey del Monte
			31°23'02"S 57°42'54"O	<i>Citrus sinensis</i> x <i>Citrus reticulata</i>
			31°22'59"S 57°42'52"O	<i>Eriobotrya japonica</i>
			31°22'59"S 57°42'51"O	<i>Prunus pérsica</i>
			31°22'58"S 57°42'52"O	<i>Acca sellowiana</i>
			31°23'09"S 57°43'16"O	<i>Citrus sinensis</i> cv Washington Navel
31°23'08"S 57°43'01"O	<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia			

#### 2.4.2.1. Análisis de las capturas

Con los datos obtenidos en ambas trampas se calcularon los MTD (mosca/trampa/día), esto representa el número de moscas capturadas de cada especie en relación al número de trampas instaladas, dividido por el número de días de exposición. Con estos datos se graficó la fluctuación de poblaciones de ambas especies de tefrítidos según el hospedante y sitio. Con los MTD promedios

calculados por hospedante en cada sitio y cada temporada se construyeron mapas de abundancia, sobre imágenes de Google Earth. Las trampas Jackson fueron instaladas para comparar la sensibilidad en el inicio y en la abundancia de capturas, en relación a las trampas McPhail.

La fluctuación de las poblaciones de moscas se relacionó con las variables climáticas del período de estudio, temperaturas (máxima, mínima y media) y precipitaciones, tomadas de las estaciones agroclimáticas ubicadas en las Estaciones Experimentales de INIA en Las Brujas (34°40'19"S, 56°20'24"O) y Salto Grande (32°00'2"S, 57°08'01"O). Los datos de series históricas de precipitaciones para ambas zonas fueron tomados de la página Web del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMet).

#### **2.4.2.2. Análisis faunístico**

Cada sitio de colecta fue analizado considerando una población de moscas de la fruta con características propias, determinadas por los índices de frecuencia, constancia, dominancia, índices de diversidad de Shannon-Wiener, de Margalef y de Equitatividad (García et al., 2003b). La frecuencia de las especies se determinó por el porcentaje de individuos de cada especie en relación a total de adultos de moscas de la fruta obtenido en cada sitio, clasificadas como poco frecuentes  $F < \text{límite inferior del IC } 5\%$ , frecuentes  $F \text{ entre límite superior del IC } 5\% \text{ y límite inferior del IC } 5\%$  y muy frecuentes  $F > \text{límite superior del IC } 5\%$  (García et al., 2003b). Con respecto a la constancia, las especies fueron clasificadas como constantes (presentes en más del 50% de las colectas), accesorias (en un 25% a 50% de las colectas) o accidentales (en menos del 25% de las colectas) (Silveira Neto et al., 1976). En cuanto a la dominancia, fueron caracterizadas como dominantes cuando presentaron una frecuencia superior a  $1 / S$ , siendo  $S$  la riqueza de especies, expresada como número observado de especies de moscas de la fruta (Southwood, 1995). El índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) mide el grado de incertidumbre en prever a qué especie pertenecerá un individuo recogido al azar, de una muestra aleatoria de una población con  $S$  especies y  $N$  individuos. En lugares de alta diversidad, es difícil predecir la identidad de la especie de un ejemplar capturado al azar, así, el valor de ese índice será mayor. El índice de diversidad de Margalef ( $\alpha$ ) fue calculado según la

ecuación citada por Southwood (1995). Este índice expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos de cada especie y representa el patrón de utilización de nichos por las especies. La equitatividad se determinó utilizando la razón entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y la diversidad máxima ( $H'_{\text{máx}} = \ln S$ ). Este índice representa la uniformidad del número de individuos entre las especies, con valores que varían entre 0 y 1, que es cuando todas las especies tienen la misma frecuencia (Southwood, 1995).

#### **2.4.2.3. Análisis estadísticos**

Las capturas fueron analizadas para cada sitio en base a los datos acumulados de registros de *C. capitata* y *A. fraterculus* para los diferentes hospedantes. La relación entre las capturas acumuladas en trampas McPhail para cada tefrítido y los hospedantes fue analizada utilizando un Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM) ajustado a una distribución Quasi Poisson, seguido de un procedimiento de separación de medias mediante la prueba de comparaciones múltiples DGC ( $p < 0.05$ ). Las capturas acumuladas de *C. capitata* y *A. fraterculus* fueron comparadas con la prueba t de Student ( $p < 0.05$ ) para las especies de frutales de hoja caduca, cítricos y no comerciales. Los análisis estadísticos antes mencionados fueron realizados utilizando el programa InfoStat versión 2018 (Di Rienzo et al., 2018) con interfase en R (R Development Core, 2018). Por otro lado, para analizar la relación de ambas especies de tefrítidos con los hospedantes se construyó una matriz con las capturas acumuladas según sitio y se realizó un análisis de componentes principales (ACP) *Biplot* utilizando el programa PAST versión 3.25.

## **2.5. RESULTADOS**

### **2.5.1. Especies de tefrítidos colectadas**

Durante todo el período de colecta, la especie con mayores registros de captura en las trampas McPhail fue *C. capitata* con un total de 24964 individuos, seguida de *A. fraterculus* con un total de 1419 especímenes. Además de las especies antes mencionadas, se registraron capturas de otras cuatro especies, *Anastrepha australis*

(Blanchard) (previamente *Toxotrypana australis*) *Anastrepha littoralis* (Blanchard) (previamente *Toxotrypana littoralis*), *Anastrepha nigra* (Blanchard), (previamente *Toxotrypana nigra*), y *Anastrepha dissimilis* Stone (Figura 2.3). Las primeras tres especies pertenecen al grupo *curvicauda* y fueron colectadas en la localidad de Melilla, Montevideo, en trampas colocadas en naranjos cv Valencia (dos machos y una hembra de *A. nigra* y un macho de *A. australis*), y en durazneros (una hembra de *A. littoralis*). En Kiyú se colectó un macho de *A. australis* en una trampa colocada en durazneros. Todas las capturas del grupo *curvicauda* se registraron entre noviembre y mayo. En Salto se capturó *A. dissimilis*, en una sola oportunidad en una trampa colocada en naranjos. Las descripciones de las especies del grupo *curvicauda* se encuentra en el anexo.

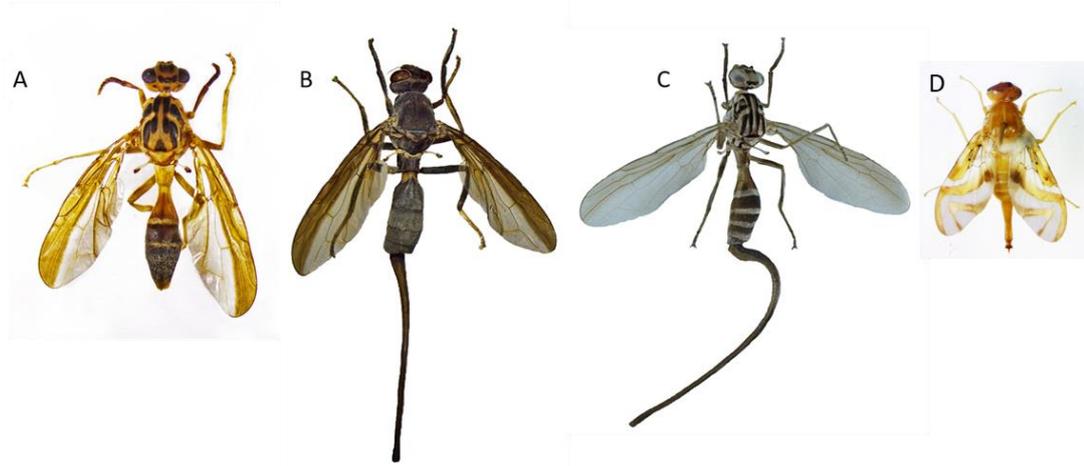


Figura 2.3 Nuevos registros de especies del género *Anastrepha* para Uruguay, A) *A. australis* macho, B) *A. nigra* hembra, C) *A. littoralis* hembra y D) *A. dissimilis* hembra.

### **2.5.2. Análisis faunístico**

En los agroecosistemas estudiados *C. capitata* es la especie dominante o muy dominante siendo también muy frecuente. Cuando se analizan los datos de capturas en los diferentes hospedantes en cada sitio de estudio, esta misma tendencia se mantiene, siendo *C. capitata* la especie dominante, muy frecuente y constante en

todos los hospedantes a excepción del cultivo de guayabo del país en San Antonio, donde es una especie no dominante.

*A. fraterculus* es una especie no dominante en la mayoría de los ecosistemas a excepción de Melilla donde es dominante frente a las otras especies del género *Anastrepha* (Cuadro 2.2). Es en general una especie poco frecuente, accesoria o rara, menos en San Antonio donde es una especie frecuente y constante. Esta misma tendencia se observa al analizar las capturas en los distintos hospedantes en todas las localidades menos en San Antonio. En este sitio, en durazneros es una especie accesoria, frecuente y no dominante, en cítricos constante, frecuente y no dominante y en guayabos es una especie dominante, frecuente y constante.

El análisis faunístico para todas las especies del grupo *curvicauda* de *Anastrepha* revela que son especies no dominantes, poco frecuentes y accidentales, capturándose en total 6 individuos. En Salto, se capturó *A. dissimilis* en una sola oportunidad en una trampa colocada en naranjo lo que hace que esta especie sea no dominante, poco frecuente y accidental (Cuadro 2.2).

El agroecosistema que presenta mayor riqueza de especies fue Melilla (S=5), luego Kiyú y San Antonio (S=3). Todos los agroecosistemas presentan bajos índices de Shannon-Wiener y bajos índices de diversidad Margalef. En lo referente a la equitatividad de especies los ecosistemas más uniformes son San Antonio y Las Brujas donde el número de individuos capturados entre las especies observadas es similar. En cambio, en Melilla el índice registra los menores valores siendo el ecosistema menos uniforme debido a las mayores capturas de *C. capitata*.

Cuadro 2.2 Análisis faunístico para Melilla (Montevideo), Cerrillos y Las Brujas (Canelones), Kiyú (San José) y San Antonio (Salto). D=Dominancia (sd=muy dominante, d= dominante y nd=no dominante); F=Frecuencia (mf=muy frecuente, f=frecuente, pf=poco frecuente) y C=Constancia (w=constante, y=accesoria, z=accidental).

Especie	Agroecosistema														
	Melilla			Cerrillos			Las Brujas			Kiyu			San Antonio		
	D	F	C	D	F	C	D	F	C	D	F	C	D	F	C
<i>Ceratitis capitata</i>	sd	mf	w	d	mf	w	d	mf	w	d	mf	w	D	mf	W
<i>Anastrepha fraterculus</i>	d	pf	y	nd	pf	y	nd	pf	y	nd	pf	z	Nd	f	W
<i>Anastrepha dissimilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nd	pf	Z
<i>Anastrepha littoralis</i>	nd	pf	z	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anastrepha australis</i>	nd	pf	z	-	-	-	-	-	-	nd	pf	z	-	-	-
<i>Anastrepha nigra</i>	nd	pf	z	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice de Uniformidad o Equitatividad	0,01			0,09			0,05			0,37			0,50		
Índice de diversidad Shannon-Weaner	0,02			0,06			0,39			0,40			0,60		
Índice de diversidad Margalef	0,52			0,12			0,20			0,50			0,24		

### 2.5.3. Fluctuación de poblaciones

Las capturas de *C. capitata* fueron siempre superiores a las registradas para *A. fraterculus*. En las figuras 2.4 y 2.5 se observa que independientemente del hospedante y la localidad, las poblaciones de *C. capitata* más abundantes y las capturas promedio mayores (considerando el número de trampas y el tiempo de colecta) se registraron en Melilla (Montevideo). En cambio, para *A. fraterculus* las mayores capturas promedio se registraron en San Antonio (Salto), seguidas de las capturas ocurridas en Las Brujas-Cerrillos (Canelones). En general, la mayor abundancia para ambas especies se da hacia el verano en el norte y en otoño en el sur para todos los hospedantes.

La abundancia de *C. capitata* en el sur fue muy superior en la temporada 2014-2015. Al comparar las capturas de *C. capitata* en ambos tipos de trampa, Jackson y McPhail, (Figura 2.6) se observa que, si bien los MTD son más altos en la trampa Jackson, la fluctuación poblacional es registrada por ambas trampas en forma similar, y los picos se marcan en los mismos momentos.

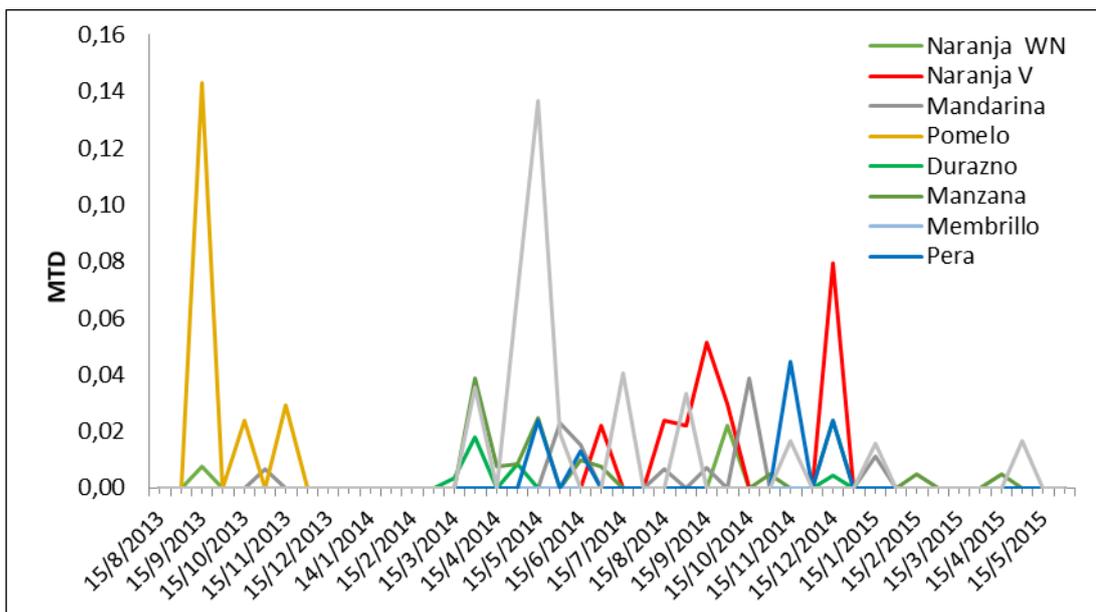
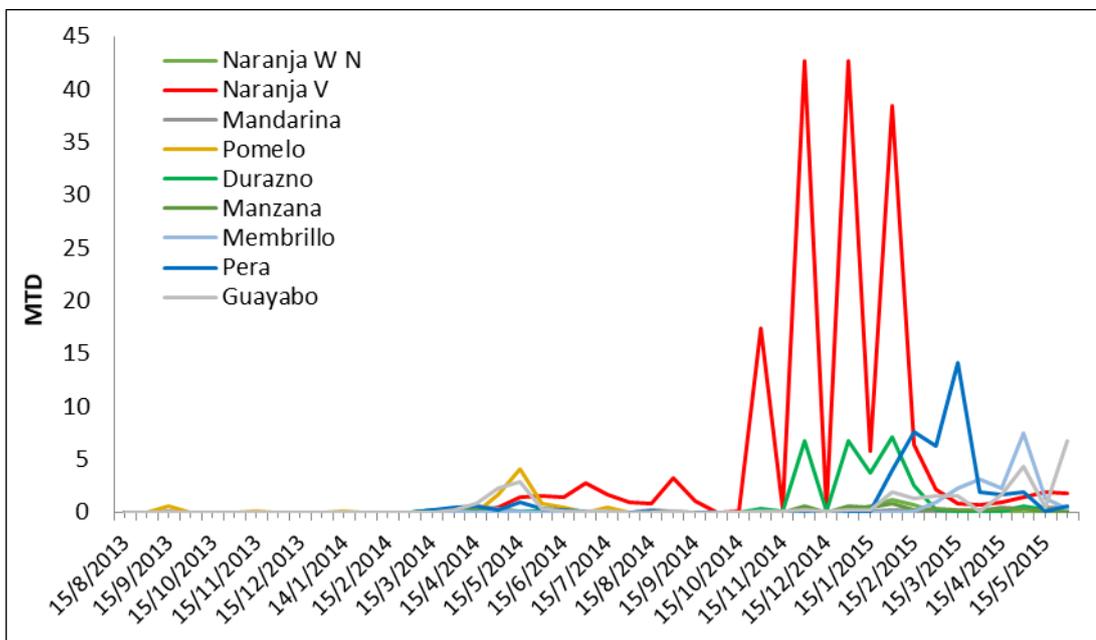


Figura 2.4. Fluctuación de poblaciones (MTD) de *Ceratitidis capitata* (arriba) y *Anastrepha fraterculus* (abajo) en trampas McPhail instaladas en distintos hospedantes en Melilla, Cerrillos - Las Brujas y Kiyú (Sur).

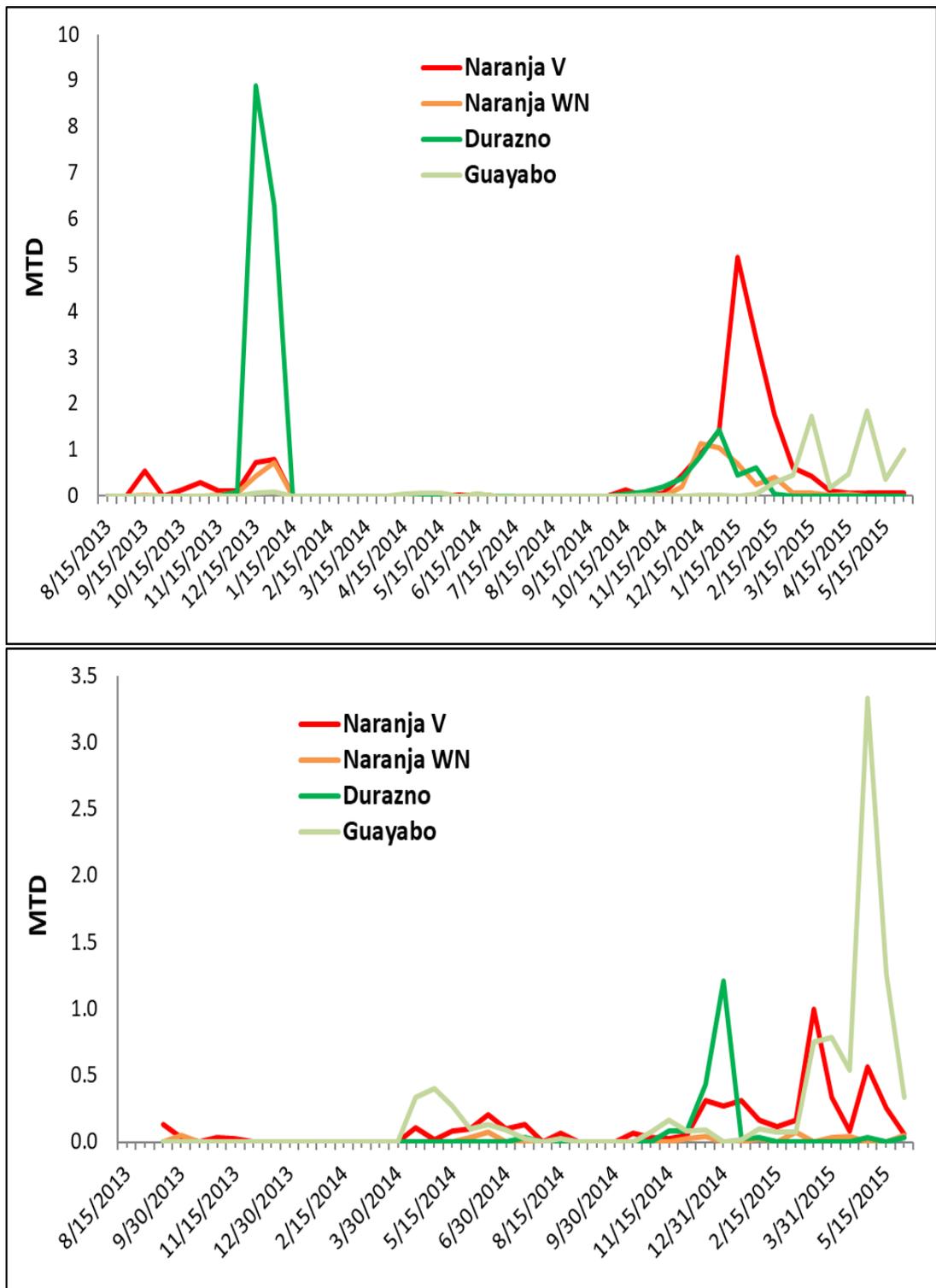


Figura 2.5. Fluctuación de poblaciones de *Ceratitis capitata* (arriba) y *Anastrepha fraterculus* (abajo) en trampas McPhail instaladas en distintos hospedantes en San Antonio (Norte).

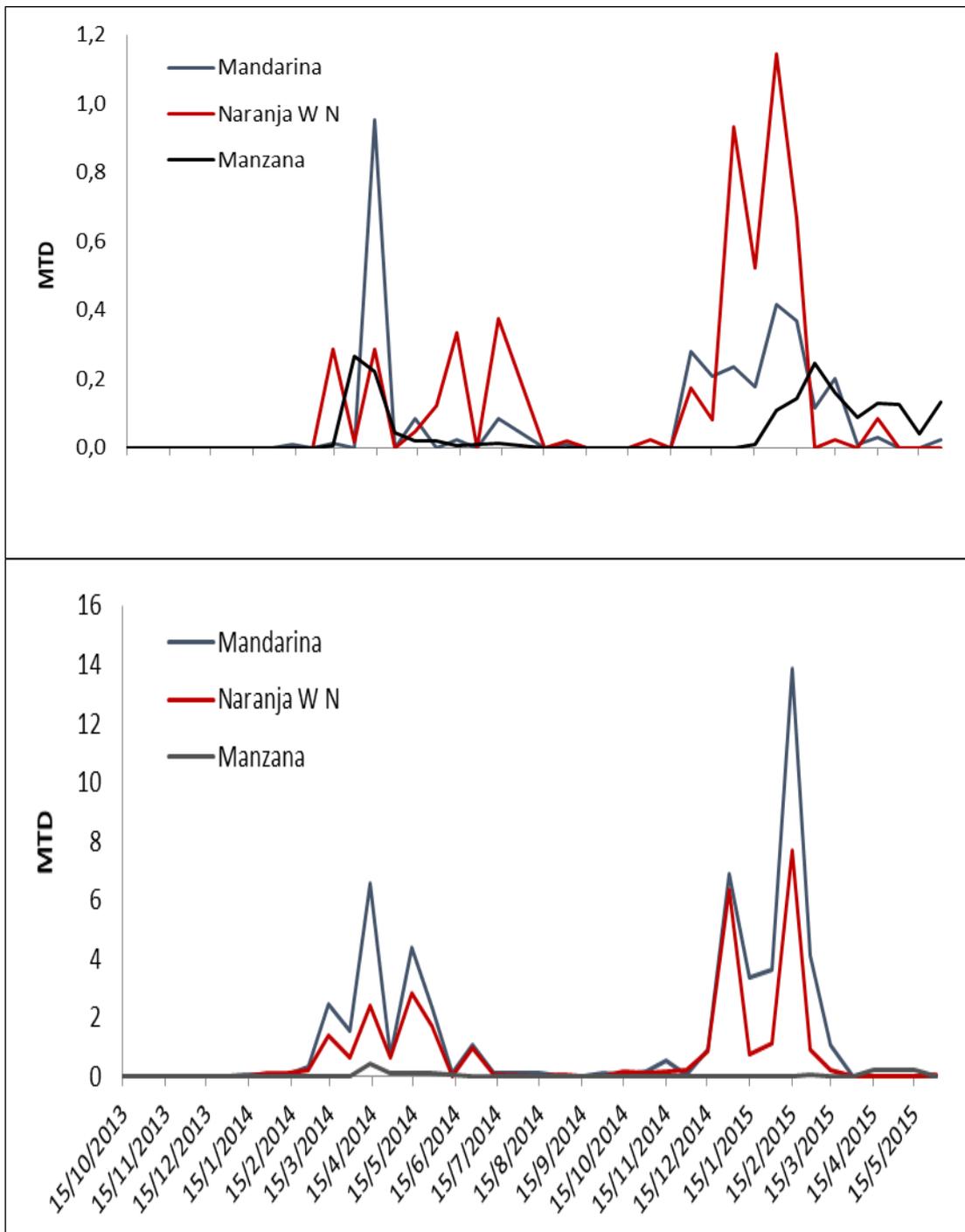


Figura 2.6. Fluctuación de poblaciones de *Ceratitits capitata* en trampas McPhail (arriba) y en trampas Jackson (abajo), instaladas en distintos hospedantes.

#### **2.5.4. Fluctuación poblacional y su relación con variables climáticas**

En la figura 2.7 se observa la fluctuación de poblaciones de *C. capitata* en base al promedio de las capturas de todas las trampas McPhail, y su relación con las temperaturas medias y las precipitaciones de las zonas norte y sur del país. En ambas zonas, las mayores temperaturas se registran en la temporada 2014-2015 para todas las estaciones, excepto para el verano (Cuadro 2.3). Cuando se analizan las temperaturas mínimas del invierno se observa que, en este último año, éstas estuvieron 139 días por debajo del umbral de desarrollo de la especie (12 °C) para la zona sur y 89 días para la zona norte, en tanto que en el período anterior estuvieron 148 y 110 días por debajo del umbral respectivamente. Si bien esa diferencia no parece ser muy importante, contrariamente a lo sucedido en los inviernos anteriores, no se registraron en el invierno 2014 temperaturas por debajo de 0 °C en el sur y solo 3 días en el norte, las que podrían haber actuado como factor de mortalidad para la especie.

Tan importante como la temperatura fue la diferencia en el régimen de precipitaciones para las dos temporadas y las dos zonas (Cuadro 2.4). El déficit constatado desde fines de primavera y hasta el otoño en el sur, diferenció esta temporada de los dos precedentes e incluso de la media histórica presentada por el Instituto Uruguayo de Meteorología para la zona sur en el período 1961-1990. Lo contrario sucedió en Salto, lo que probablemente contribuyó a que las poblaciones fueran levemente inferiores a la temporada precedente.

Cuadro 2.3. Temperaturas máximas, mínimas y promedio, registradas en las Estaciones Agroclimática de INIA Las Brujas y Salto Grande durante las dos temporadas de estudio. Se resaltan las temperaturas superiores para cada estación.

Zona Sur	Temperatura Máxima °C		Temperatura Mínima °C		Temperatura Promedio °C	
	2013-2014	2014-2015	2013-2014	2014-2015	2013-2014	2014-2015
Invierno	15,96	<b>16,85</b>	4,88	<b>6,13</b>	10,42	<b>11,51</b>
Primavera	21,51	<b>22,78</b>	10,55	<b>11,62</b>	16,06	<b>17,22</b>
Verano	<b>28,52</b>	28,01	<b>17,44</b>	16,54	<b>23,13</b>	22,29
Otoño	21,53	<b>24,72</b>	11,54	<b>12,32</b>	16,56	<b>18,54</b>
Año	21,88	<b>23,09</b>	11,10	<b>11,65</b>	16,54	<b>17,39</b>
Zona Norte	Temperatura Máxima °C		Temperatura Mínima °C		Temperatura Promedio °C	
	2013-2014	2014-2015	2013-2014	2014-2015	2013-2014	2014-2015
Invierno	18,71	<b>19,48</b>	6,67	8,20	12,71	13,86
Primavera	25,05	<b>25,59</b>	13,17	14,19	19,13	19,91
Verano	<b>32,01</b>	30,04	20,46	19,11	26,25	24,60
Otoño	23,36	<b>27,05</b>	13,25	13,70	18,33	20,40
Año	24,78	<b>25,54</b>	13,39	13,80	19,11	19,69

Cuadro 2.4. Régimen de precipitaciones acumuladas, registradas en las Estaciones Agroclimática de INIA Las Brujas y Salto Grande durante las dos temporadas de estudio, y la media del período 1961-90 presentada por INUMet para ambas zonas.

Zona Sur	Precipitación Acumulada mm		Media de 30 años
	2013-2014	2014-2015	
Invierno	93	205	257
Primavera	312	432	292
Verano	482	191	273
Otoño	253	107	280
Año	1140	935	1102
Zona Norte	Precipitación Acumulada mm		Media de 30 años
	2013-2014	2014-2015	
Invierno	53	195	224
Primavera	389	359	354
Verano	277	432	368
Otoño	323	143	378
Año	1041	1129	1324

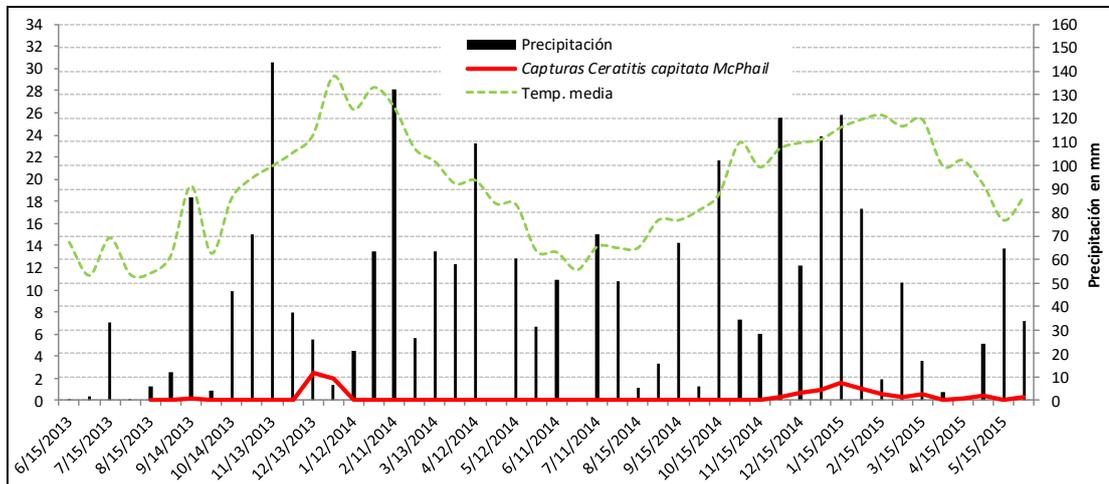
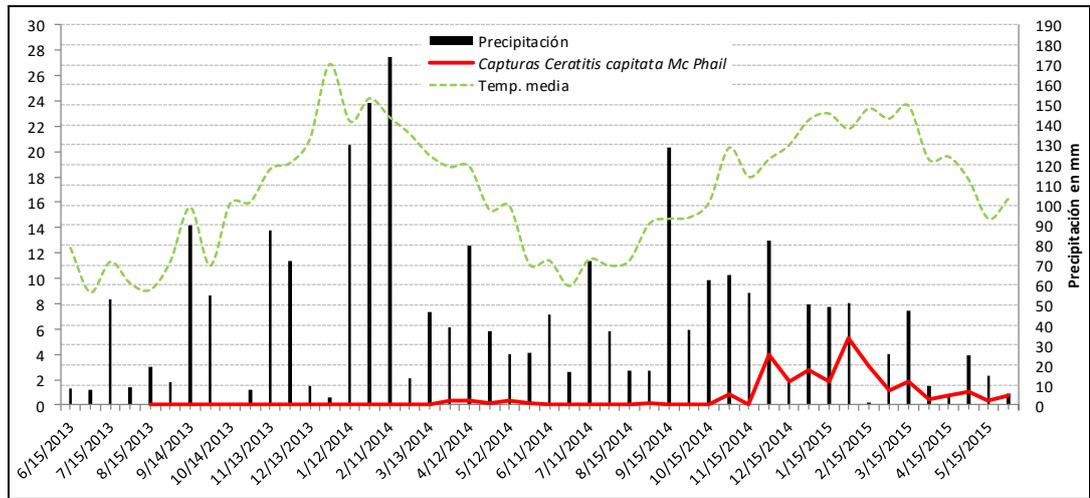


Figura 2.7. Capturas promedio de *Ceratitis capitata* registradas en trampas McPhail, régimen pluviométrico y de temperaturas medias, para la zona sur (arriba) y norte (abajo) en el período de estudio.

### 2.5.5. Distribución espacial de la abundancia

Para establecer los patrones de distribución espacial de *C. capitata* y *A. fraterculus* en los distintos hospedantes, se construyeron mapas donde se observa la abundancia promedio calculada como MTD para la temporada 2013-2014 y 2014-2015 respectivamente para los 3 sitios de estudio de la zona sur (Figuras 2.8 y 2.9). Estos mapas también permiten constatar la mayor abundancia de *C. capitata* ocurrida en la temporada 2014-2015. Para un mismo hospedante se observa una gran variabilidad de los MTD entre años y sitios, y dentro de los sitios entre cultivos.



Figura 2.8. Distribución espacial de los MTD promedio de capturas de *Ceratitis capitata* en trampas McPhail ubicadas en diferentes hospedantes en los 3 sitios de estudio del sur del país (Sitio 1 a 3) para la temporada 2013-2014 arriba y 2014-2015 abajo.



Figura 2.9. Distribución espacial de los MTD promedio de capturas de *Anastrepha fraterculus* en trampas McPhail ubicadas en diferentes hospedantes en los 3 sitios de estudio del sur del país (Sitio 1 a 3) para la temporada 2013-2014 arriba y 2014-2015 abajo.

### 2.5.6. Relación captura-hospedante

Las capturas de ambas especies de moscas de la fruta varían según los hospedantes. Las capturas acumuladas de *C. capitata* son significativamente mayores a las capturas de *A. fraterculus* tanto en frutales de hoja caduca ( $p=0,0015$ ), como en cítricos ( $p=0,004$ ). En cambio, para el total de frutales sin interés comercial (guayabo y níspero), si bien las capturas de *C. capitata* son más altas, no se encontraron

diferencias con *A. fraterculus* ( $p=0,07$ ). Estas tendencias se observan en el análisis de componentes principales cuando se consideran todas las trampas del estudio, donde las capturas de *A. fraterculus* están mayormente asociadas a frutales nativos y las de *C. capitata* a cítricos (Figura 2.10).

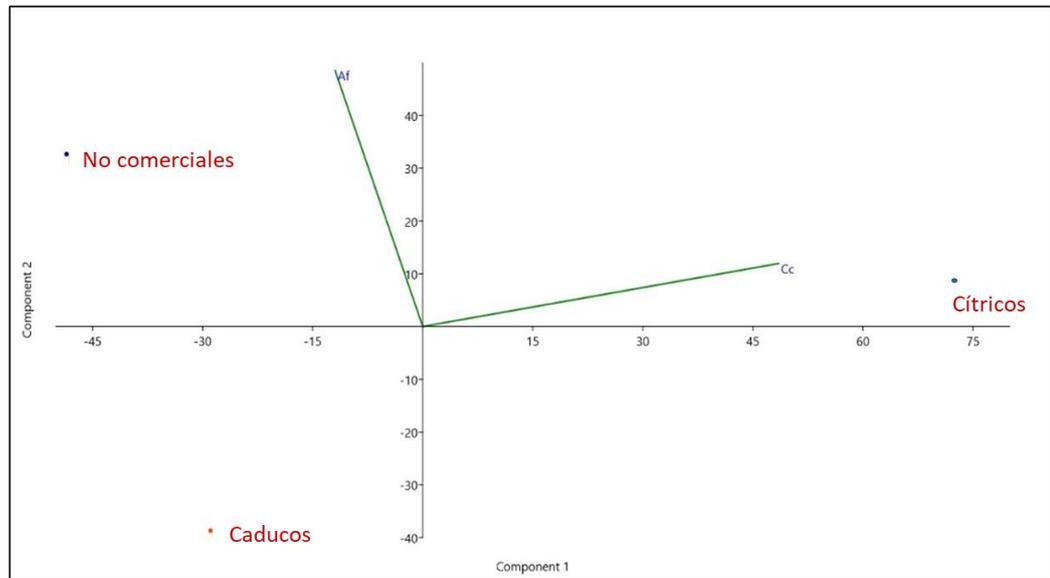


Figura 2.10. Capturas acumuladas de *Ceratitis capitata* (Cc) y *Anastrepha fraterculus* (Af) agrupadas según hospedantes en frutales de hoja caduca, cítricos y no comerciales (*Acca sellowiana* y *Eriobotrya japonica*), Análisis de Componentes Principales (Biplot) considerando todos los sitios de estudio.

Cuando se consideran las capturas acumuladas de *C. capitata* en relación a las diferentes especies hospedantes considerando todos los sitios de estudio, no se observaron diferencias significativas entre especies frutales ( $p=0,34$ ). En cambio, para *A. fraterculus* las capturas en frutales no comerciales como el guayabo y el níspero fueron significativamente mayores que en el resto de las especies ( $p=0,0006$ , comparación de medias ajustadas DGC  $p=0,05$ ) (Figura 2.11).

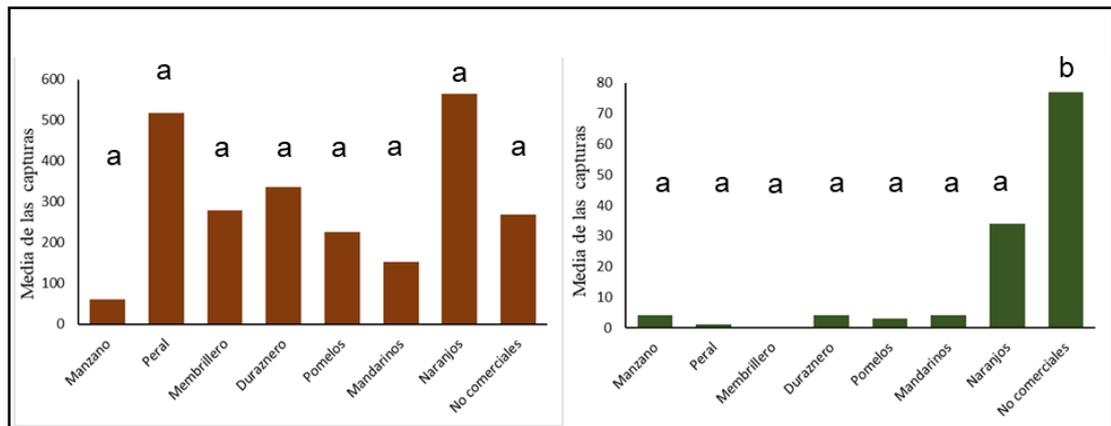


Figura 2.11. Media de capturas acumuladas de *Ceratitis capitata* (izquierda) y *Anastrepha fraterculus* (derecha) según hospedante para los cuatro sitios de estudio. Medias de capturas seguidas por la misma letra no difieren significativamente según MLGM y comparación de medias ajustadas DGC  $p=0,05$ .

Cuando se analizan las capturas acumuladas por sitio de estudio, se pueden observar mayores diferencias entre las especies/variedades hospedantes que cuando se analizan las capturas acumuladas en la totalidad de los sitios de estudio. En Melilla (Sitio 1), durante los tres años de estudio para *C. capitata* las mayores capturas se registraron en las trampas localizadas en naranjos cv Valencia, observándose diferencias significativas con el resto de los cultivos. Aunque se observaron capturas elevadas en durazneros (cv Elegant Lady y Pavía) y perales cv William's, y en menor medida en guayabos y manzanos cv Cripps Pink ( $p=0,001$ ), no fueron significativamente diferentes (Cuadro 2.5 y Figura 2.12). El foco de alta población de *C. capitata* se inicia en el cuadro de naranjos cv Valencia en octubre de 2014, luego se va extendiendo a los cuadros de durazneros cercanos (Figura 2.8 y Figura 2.12) lo que da los altos valores durante el 2014-2015. Para *A. fraterculus* sigue observándose la asociación con los frutos nativos que en este caso son guayabos ( $p=0,001$ ) (Cuadro 2.5 y Figura 2.12).

Cuadro 2.5. Media de las capturas acumuladas para *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus* según hospedante y sitio de estudio. Medias de capturas para cada especie de mosca de la fruta seguidas por la misma letra en columna no difieren significativamente (mayúscula para *C. capitata* y minúscula para *A. fraterculus*) basado en los MLGM comparación de medias ajustadas DGC p=0,05.

Especie		Sitio 1 Melilla		Sitio 2 Cerrillos-Las brujas		Sitio 3 Kiyu	Sitio 4 San Antonio	
		<i>C. capitata</i>	<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>	<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>	<i>C. capitata</i>	<i>A. fraterculus</i>
<i>Malus domestica</i>	Cripps Pink	147 ± 97 B	1 ± 0.5 b	19 ± 7 C	8 ± 2 a			
	Early Red One			119 ± 31 B	0 a			
	Red Delicious							
<i>Pyrus communis</i>	William's	753 ± 191 B	1 ± 0.3 b	203 ± 34 B	1 ± 1 a	19 ± 11 B		
	Elegant Lady y Pavia	894 ± 170 B	1 ± 0.3 b	33 ± 16 C	0 a	63 ± 22 B		
<i>Prunus persica</i>	Rey del Monte					7 ± 6 B		
	Varios						153 ± 74 A	33 ± 15 b
<i>Cydonia oblonga</i>	Manzana			281 ± 39 B	0 a			
<i>Citrus sinensis</i>	Valencia	2158 ± 373 A	4 ± 1 b				292 ± 72 A	24 ± 9 b
	Washington Navel					151 ± 31 A	64 ± 39 A	7 ± 5 b
<i>Citrus paradisi</i>	Duncan			226 ± 43 B	3 ± 1 a			
<i>Citrus sinensis</i> y	Montenegrina			121 ± 26 B	4 ± 1 a			
<i>Citrus reticulata</i>	Ellendale					160 ± 30 A		
	Varios						178 ± 80 A	13 ± 9 b
<i>Acca sellowiana</i>	Guayabo	360 ± 152 B	16 ± 2 a	837 ± 119 A	16 ± 2 b		96 ± 47 A	137 ± 25 a
<i>Eriobotrya japonica</i>	Nispero						109 ± 62 A	124 ± 29 a

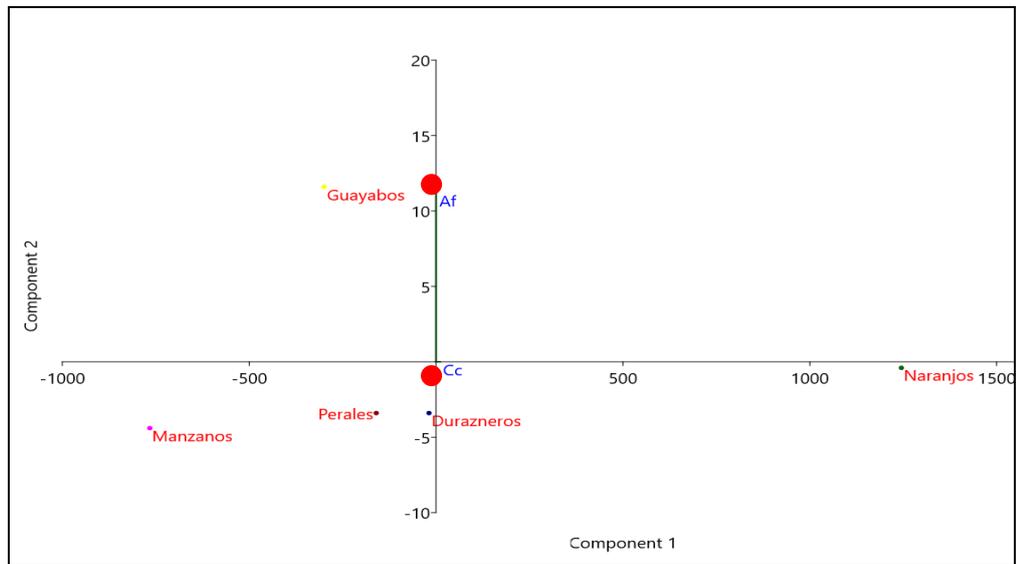


Figura 2.12. Capturas acumuladas de *Ceratitis capitata* (Cc) y *Anastrepha fraterculus* (Af) en Melilla (Montevideo) agrupadas según hospedantes, Análisis de Componentes Principales (Biplot).

En Cerrillos y Las Brujas (Sitio 2) los guayabos registraron las mayores capturas, seguidos por los membrilleros cv Manzana, los perales cv William's, los pomelos cv Duncan, los mandarinos cv Montenegrina y los manzanos cv Early Red One, siendo las capturas en los durazneros cv Pavía Manteca y los manzanos cv Cripps Pink los menores registros ( $p=0,001$ ). Para *A. fraterculus* nuevamente las mayores capturas se registraron en los guayabos ( $p=0,007$ ), también se observaron capturas en las trampas colocadas en los manzanos cv Cripps Pink de Las Brujas, pero no así en las de Cerrillos (Cuadro 2.5). En Kiyú (Sitio 3), las mayores capturas de *C. capitata* durante los tres años de estudio se registraron en los cítricos, y en menor medida en los frutales de hojas caducas ( $p=0,007$ ). Las capturas de *A. fraterculus* fueron muy bajas en la zona (7 individuos), cabe destacar que no había frutales nativos ni silvestres en este sitio (Cuadro 2.5).

En el Norte del país el estudio se realizó en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en San Antonio (Sitio 4), donde se encontró una diversidad mayor de hospedantes sin interés comercial como el guayabo y el níspero. Para *C. capitata* no hubo diferencias significativas en las capturas entre los cultivos analizados ( $p=0,08$ ) (Cuadro 2.5), aunque los mayores valores estuvieron asociados a las trampas ubicadas en cítricos, naranjos cv Valencia y un cuadro de mandarinas con diversas variedades (Figura 2.18). Para *A. fraterculus* las mayores capturas se observaron en guayabos y nísperos ( $p=0,001$ ) (Cuadro 2.5 y Figura 2.13).

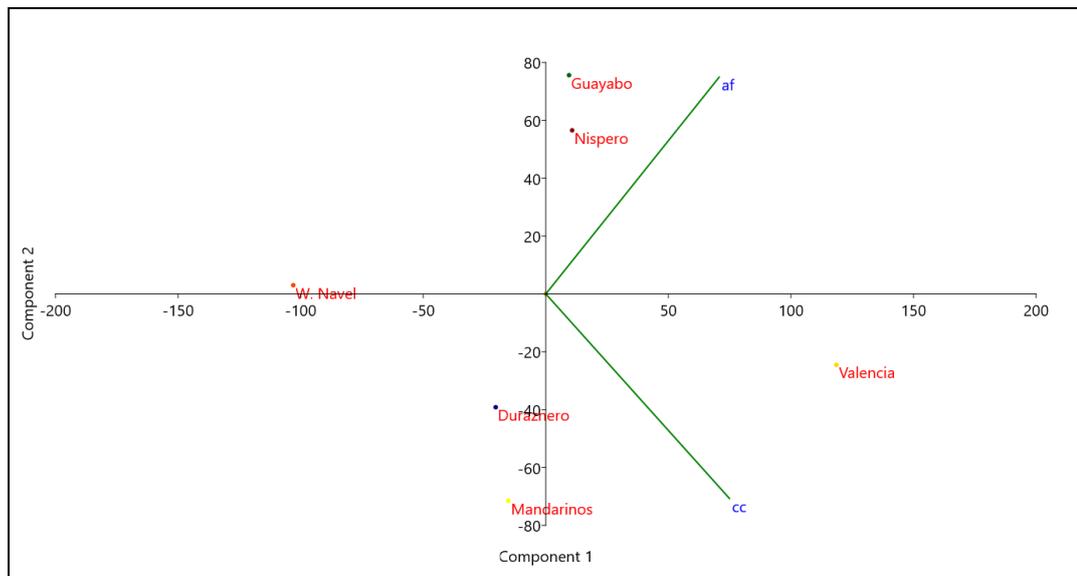


Figura 2.13. Capturas acumuladas de *Ceratitidis capitata* (Cc) y *Anastrepha fraterculus* (Af) en San Antonio (Salto) agrupadas según hospedantes, Análisis de Componentes Principales (Biplot).

## 2.6. DISCUSIÓN

Este trabajo es el primer estudio faunístico de tefrítidos realizado en el país. A través de los cálculos de frecuencia, abundancia, constancia, dominancia e índices diversidad, se obtienen conocimientos generales de biología, ecología y comportamiento de las especies encontradas (García et al. 2003b, Uchôa et al. 2003). La riqueza de especies en el país es considerablemente menor a la citada en los países de la región, se encontraron un total de 6 especies de tefrítidos, cuando en Argentina están reportadas más de 40, y en Brasil están presentes más de 200 especies. En ambos países la mayor diversidad se observa fundamentalmente en la zona norte, y tiende a disminuir hacia latitudes mayores (Malavasi et al. 2000, Garcia y Corseuil 1998a, Lobos 1997). La diversidad encontrada es similar a la de la provincia de Buenos Aires ubicada a latitudes similares a la de nuestro estudio (Lobos, 1997). Por otro lado, en ambientes naturales las comunidades a menudo están formadas por muchas especies vegetales, en cambio los establecimientos productivos, tienden a ser más homogéneos en su composición vegetal. Estos agroecosistemas presentan una complejidad vegetal reducida que favorecen el

desarrollo de altas poblaciones de moscas de la fruta, pero distribuidas entre pocas especies dominantes (Bomfim et al., 2007), lo que se refleja en la baja equitatividad observada en los diferentes sitios estudiados. Alves et al. (2019), encontraron que predios productivos de *Psidium guava*, rodeados de monte nativo presentaban mayor riqueza de especies y diversidad, sugiriendo que el monte nativo puede proporcionar mayores recursos para el mantenimiento de estos insectos. Por lo tanto, la baja diversidad observada puede verse asociada al bioma en el que se encuentra nuestro país y a las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de los tefrítidos, siendo para algunas especies los registros más australes (Lobos, 1997).

Entre las especies encontradas cuatro son nuevos registros para Uruguay, *A. dissimilis*, *A. littoralis*, *A. nigra* y *A. australis*, todas especies consideradas sin importancia económica. Si bien se aumenta la lista de tefrítidos para Uruguay, las cuatro especies encontradas son raras, poco frecuentes y no dominantes, similar a lo que se observa en los demás rangos de su distribución (Bertolaccini et al. 2017, García y Corseuil 2004, García et al. 2003b). *Anastrepha dissimilis* pertenece al grupo *chiclayae*, se alimenta de especies de Passifloraceae exclusivamente y está presente en varios países de América del Sur (Malavasi et al. 2000, Lobos 1997), en nuestro país fue encontrada solo en el norte. Mientras que *A. australis*, *A. nigra* y *A. littoralis* pertenecen al grupo *curvicauda* anteriormente agrupadas en el género *Toxotrypana* (Norrbom et al., 2018), fueron descritas por primera vez en Argentina por Blanchard (1959).

*Anastrepha australis* fue mencionada en los anales de un congreso como una especie abundante en Uruguay (Silveira-Guido y Habeck, 1976) aunque el reporte formal de esta especie se enmarca en este estudio (Calvo et al., 2019). La colecta de moscas del grupo *curvicauda* es poco común, y el número de individuos capturados en trampas siempre es bajo (Calvo et al. 2019, Bertolaccini et al. 2017). De hecho, a pesar del monitoreo intensivo de otros tefrítidos, no hay muchos registros de este grupo en la región Neotropical (Shelly et al. 2014, Malavasi et al. 2000, Lobos 1997). Esto puede explicarse porque estas especies no requieren alimentación de proteínas para madurar sus ovarios y, por lo tanto, los cebos a base de proteínas hidrolizadas pueden no ser atractivos para ellos. Montevideo presenta una amplia gama de especies frutales y de

vegetación espontánea, como *Araujia* spp., que crece entre las hileras de los árboles y en los alrededores. Calvo et al. (2019) registran a *Araujia hortorum* como hospedante para *A. nigra*. Según Blanchard (1959), los hospedantes de ambas especies (*A. australis* y *A. nigra*) eran enredaderas nativas del género *Morrenia* (conocido vulgarmente como Taci), también pertenecientes a las *Apocynaceae*. *Araujia hortorum* (*Apocynaceae*) es una enredadera nativa del noreste de Argentina, sur y sureste de Brasil, Paraguay y Uruguay, se considera una especie invasora en muchos países como Nueva Zelanda, Australia, España y el norte de América (Vivian-Smith y Panetta 2005). Tiende a crecer en hábitats naturales, así como con especies de interés económico, como cítricos o árboles de hoja caduca donde estrangula y causa roturas en las ramas de los árboles (Santa Cruz y Cordero 2018). *Anastrepha australis* fue considerada como candidata para programas de control biológico de *Araujia* (Carpintero y Testoni 2013, Silveira-Guido y Habeck 1976), y dados nuestros resultados, *A. nigra* también podría considerarse como una candidata potencial.

Las especies de mosca de la fruta de importancia económica presentes en nuestro país son *A. fraterculus* y *C. capitata*, las que en 1937 fueron declaradas plagas de la agricultura a nivel Nacional (Bentancourt y Scatoni, 2010, Trujillo-Peluffo 1942). Esta situación es observada también en Argentina donde son las únicas especies presentes que son consideradas plagas (Segura et al., 2006). En Brasil se registran otras seis especies del género *Anastrepha* y *Bactrocera carambolae* introducida a fines del siglo pasado en el norte del país, todas de importancia por las pérdidas que ocasionan (Malavasi et al, 2000).

Las colectas en trampas de *C. capitata* indican que es una especie dominante, en todos los agroecosistemas comerciales y en la mayoría de los hospedantes estudiados. Esta especie se adapta y se desarrolla muy bien en estos ambientes modificados donde la vegetación nativa ha sido reemplazada por plantas de interés comercial (Ovruski et al., 2003). Es muy buena competidora con otros tefrítidos, especialmente con especies del género *Anastrepha*, lo que puede deberse a un desplazamiento competitivo observado entre especies muy relacionadas. Este desplazamiento a menudo está en relación con fenómenos de invasión, en los que

una especie exótica desplaza a una nativa (Duyck et al., 2004). En Argentina *C. capitata* es una especie abundante y dominante, en ocasiones, la única especie presente en frutas exóticas como *Ficus carica* y *Diaspyros kaki* (Ovruski et al., 2003). En cambio, en la mayoría de los estados de Brasil las especies dominantes pertenecen al género *Anastrepha*, excepto en Mato Grosso do Sul y áreas de Rio de Janeiro donde *C. capitata* fue la especie dominante, estrechamente asociada a cultivos de naranjos y cafetales, así como a ambientes urbanos (Rodrigues et al. 2006, Malavasi et al. 2000).

*Anastrepha fraterculus* es una especie que se adapta mejor a ecosistemas poco perturbados, característica que se observó en las trampas colocadas en algunos hospedantes de La Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en San Antonio (Salto), donde se encuentra una gran diversidad de frutales, muchos de los cuales de escaso interés comercial. En las localidades de Las Brujas y Cerrillos, se registraron capturas de esta especie, probablemente porque la zona está muy cerca de un área de humedales que se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (S.N.A.P.). Resultados similares fueron observados por Ovruski et al. (2003) y Segura et al. (2006) en Argentina. En cambio, en Brasil, es una especie mayoritariamente dominante en varios de los estados, fundamentalmente hacia el sur donde cobra mayor importancia económica (Malavasi et al. 2000). En Rio Grande del Sur, esta especie se encuentra altamente asociada al cultivo de duraznero (Silva-Araujo et al. 2019, Garcia y Corseuil 1998b). En los estados hacia el norte, son más dominantes otras especies de gran importancia económica como *Anastrepha obliqua* (Rodrigues et al. 2006, García et al. 2003b, Malavasi et al. 2000).

### **2.6.1. Fluctuación poblacional y relación con las variables climáticas.**

Las trampas McPhail capturaron ejemplares de ambas especies de importancia económica indicando los picos poblacionales de cada una. La eficiencia de estas trampas es relativamente baja y su radio de acción no supera los 10m (Nascimento y Carvalho 2000, Martínez y Godoy 1987) por lo cual las capturas indican que las moscas se encuentran en las cercanías de las mismas.

Los vuelos de ambas especies se anticipan unos dos meses en el norte del país con respecto al sur, *A. fraterculus* se da con mayor frecuencia en primavera y al final del verano principios del otoño y *C. capitata* en verano-otoño. Silva-Araujo et al. (2019) observaron en Rio Grande del Sur las mayores capturas de *A. fraterculus* en duraznero a partir de noviembre, donde se registró un rango de temperaturas más favorable y la presencia simultánea de frutos maduros de diferentes hospedantes, como *Psidium cattleianum* y *Eugenia uniflora*. *Anastrepha fraterculus* tuvo otro aumento poblacional hacia el otoño, lo que coincide con el periodo de maduración de *A. sellowiana*. El mismo fenómeno fue observado en Santa Catarina (Brasil) donde las poblaciones de *A. fraterculus* aumentaron durante el momento de disponibilidad de frutos de *A. sellowiana* (Machado et al. 2018). Estos frutales nativos no cultivados se consideran multiplicadores de *A. fraterculus* y, por lo tanto, son fuentes de infestación a cultivos cercanos (Bisognin et al. 2015, Ovruski et al. 2003).

*Ceratitidis capitata* no interrumpió sus vuelos en los meses de invierno en el norte y si lo hizo en el sur aún en presencia de hospedantes apropiados. Cuando se analizan las condiciones climáticas que precedieron a cada uno de los momentos de aparición de las moscas de la futa, se encuentran dos parámetros que podrían estar explicando su abundancia, las temperaturas y las precipitaciones. Las temperaturas medias en Uruguay permitieron explicar el número de generaciones por año para cada zona, así como las diferencias en los momentos de aparición de estas especies entre sitios. Meses de invierno más cálidos, con pocos días de temperatura bajo cero, podrían estar explicando las mayores poblaciones presentes en la zona sur, pero por sí solas no revelan lo sucedido en la zona norte. Las temperaturas mínimas promedio registradas en los meses de invierno permitieron que los vuelos no se interrumpieran en el norte y si en el sur, pero en ambas zonas la rigurosidad del invierno afecta el momento de aparición de los tefrítidos, así como su abundancia en la primavera siguiente en diferentes años. Inviernos más fríos, caracterizados por un mayor número de días por debajo del umbral de desarrollo de estos insectos o con muchos días con temperaturas por debajo de cero grados o con heladas retrasaron la aparición de los tefrítidos en primavera, especialmente *C. capitata*. Los cítricos durante el

invierno permitirían que un remanente de la población sobreviviera como huevo o larva dentro de los frutos que actuarían como refugio (Mavrikakis et al., 2000).

Las precipitaciones copiosas y especialmente la acumulación de agua en el suelo suelen ser letales para los insectos, como las moscas de la fruta, desarrollan parte de su ciclo en este sitio. Se observó una diferencia en el régimen de precipitaciones para las dos temporadas y las dos zonas. El déficit constatado desde fines de primavera y hasta el otoño en el sur, diferenció la primera temporada, y parece ser que en el último año *C. capitata* tuvo mejores condiciones para desarrollarse y reproducirse provocando grandes explosiones demográficas más temprano que lo habitual en la zona sur. También el factor climático unido al tipo de suelo, influye en la emergencia de los adultos de forma diferencial según la especie. Bento (2008) encontró que la emergencia de *C. capitata* es mayor en suelos secos independiente del tipo, sin embargo, la emergencia de *A. fraterculus* está influenciada por la interacción entre tipo de suelo y humedad, siendo mayor en suelos con mayor capacidad de retención de agua.

### **2.6.2. Distribución espacial y su relación con los hospedantes**

Este estudio permite analizar el movimiento de las poblaciones de ambas especies de moscas de la fruta, *C. capitata* y *A. fraterculus* en sitios de alta diversidad de hospedantes pero en pequeñas escalas donde se alternan frutales de hoja caduca, cítricos y frutales de bajo interés comercial (nativos o exóticos). Observando la distribución espacial en cada predio estudiado, se pudo constatar cómo la población de moscas de la fruta se inicia en pequeños focos que luego se generalizan, intensificándose las capturas en determinados hospedantes por los que parecen tener preferencia. Sciarretta y Trematerra (2011) estudiaron la distribución espacial de *C. capitata* y observaron que las primeras capturas fueron detectadas en trampas dentro de los huertos, tendieron a tener una baja de tasa de dispersión a los alrededores y una agregación alrededor de hospedantes con frutas disponibles.

En todos los sitios estudiados la abundancia de *C. capitata* es mayor que la de *A. fraterculus*. En cítricos las trampas comenzaron a capturar antes de la fecha de cosecha posiblemente anticipándose al daño en fruto, mientras que en frutales de

hoja caduca las mayores capturas se observaron después de la fecha de cosecha, por lo que es posible que las trampas fueran más atractivas durante ese período debido a la baja abundancia de frutas después de la cosecha. Por otra parte, los cebos que se están utilizando para monitoreo podrían no ser capaces de detectar a las moscas cuando éstas se encuentran en bajas poblaciones, lo que se da con mucha frecuencia en primavera coincidiendo con la maduración de los frutos de carozo (Delgado, 2020). Considerando esto, es importante que la cosecha se de en el momento de maduración óptima, evitando dejar frutos sobremaduros en la planta o en el suelo, que permita el desarrollo de estos tefrítidos para luego invada cultivos susceptibles cercanos. Por lo cual, se sugiere mantener las trampas en los distintos hospedantes dentro de cada establecimiento, para detectar el movimiento de las poblaciones. El análisis espacial es fundamental para la toma de decisiones ya que permite conocer cuándo y por donde comenzar a aplicar tácticas de control.

Los frutales nativos registraron las mayores capturas de *A. fraterculus* y los exóticos (fundamentalmente cítricos) las de *C. capitata*, como ya ha sido observado por otros autores (Silva-Araujo et al. 2019, Aguiar-Menezes et al. 2008, Segura et al. 2006, Araujo et al. 2005, Ovruski et. al. 2003). En todos los sitios de estudio se observó que en el primer año las mayores capturas de *C. capitata* se registran en cítricos, y el foco se fue extendiendo a las trampas colocadas en hospedantes linderos según secuencia de maduración y disponibilidad de frutos que determinen cambios en la distribución espacial (Sciarretta y Trematerra, 2011). Los frutales nativos como *A. sellowiana*, también fueron severamente atacados por esta especie, su fecha de maduración así como la de las variedades tardías de manzana, podrían propiciar el desarrollo de estos insectos en otoño hasta el período de maduración de los cítricos. En frutales sin interés comercial (guayabo y níspero) las capturas de *C. capitata* y de *A. fraterculus* no difirieron. Las capturas de *C. capitata* en *A. sellowiana* comenzaron a aumentar luego que los frutales de hoja caduca fueron cosechados, mientras que las de *A. fraterculus* están siempre estrechamente relacionadas durante todo el período de fructificación en todos los sitios. *Anastrepha fraterculus* y el guayabo del país son especies nativas que han coevolucionado, es por ello que las poblaciones de esta mosca pueden desarrollarse mejor en presencia de este

hospedante. Esta asociación entre *A. fraterculus* y *A. sellowiana* ha sido observada en la región, donde las altas capturas de la mosca se asocian a la disponibilidad de frutos de guayabo del país (Silva-Araujo et al. 2019, Machado et al. 2018).

Las mayores capturas de *A. fraterculus* ocurrieron en las trampas colocadas en guayabo del país y en níspero, y fueron mayores aún en el norte del país donde el sitio de estudio era un área menos perturbada. En el sitio 3, Kiyú, las capturas de *A. fraterculus* fueron casi inexistentes durante los tres años de estudio. Este agroecosistema no se observó la presencia de guayabo del país u otro hospedante nativo que pudiera ser clave para el desarrollo de este tefrítido.

En lo que respecta a los frutales de hoja caduca, si bien las capturas de *C. capitata* fueron mayores, se observa que son hospedantes que contribuyen en el desarrollo de ambas especies de tefrítidos. Al igual que lo observado en Argentina, *C. capitata*, siendo una especie sumamente polífaga, con tan alta capacidad reproductiva, pueden ganar ventaja en hospedantes introducidos con los cuales *A. fraterculus* ha tenido menos contacto en el curso de su evolución (Segura et al. 2006, Ovruski et al. 2003). En duraznero y níspero, a pesar de ser frutos introducidos, observamos capturas elevadas de esta especie, pudiendo ser los hospedantes que utiliza luego de cosechados los pomelos y hasta que comienzan a fructificar los frutos nativos para así completar la disponibilidad de hospedantes a lo largo del año. Además de los hospedantes, el sitio está influyendo en las capturas de esta especie, ya que las capturas registradas en el norte del país son mayores y como se mencionó con anterioridad, éste es un agroecosistema muy poco perturbado.

El entendimiento sobre la importancia de cada hospedante, los factores climáticos, así como de los ambientes en los que se encuentran los cultivos son fundamentales para entender el desarrollo de las poblaciones de los tefrítidos. Estos factores sumados al conocimiento de los índices de infestación, la alternancia de los frutos susceptibles y su distribución regional, son claves para los programas de manejo de moscas de la fruta.

## 2.7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar-Menezes EL, Souza S, Lima-Filho M, Barros HC, Ferrara F, Menezes EB. 2008. Análise faunística de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) nas regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro. *Neotropical Entomology*, 37(1): 8 - 14. doi: 10.1590/S1519-566X2008000100002.
- Aguiar-Menezes EL, Menezes EB. 2000. Rio de Janeiro. En: Malavasi A, Zucchi R. (Eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Editora Holos. 259 - 264.
- Aluja M, Sivinski J, Van Driesche R, Anzures-Dadda A, Guillén L, 2014. Pest management through tropical tree conservation. *Biodiversity and Conservation*, 23: 831 - 853. doi: 10.1007/s10531-014-0636-3.
- Aluja M, Ordano M, Guillén L, Rull J. 2012. Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: Implications for areawide management. *Journal of Economic Entomology*, 105: 823 - 836. doi:10.1603/EC11353.
- Aluja M, Mangan RL. 2008. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological and regulatory considerations. *Annual Review of Entomology*, 53: 473 - 502. doi: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093350.
- Alves JC, Brito CH, De Oliveira R, Corsato C, Barbosa V, da Silva J, Batista J, Lopes G. 2019. Population fluctuation and faunistic analysis of fruit flies in a Commercial Guava Orchard (*Psidium guajava* L.). *Journal of Agricultural Science*, 11(9): 145 - 153. doi:10.5539/jas.v11n9p145.
- Araujo EL, Medeiros M, Silva V, Zucchi RA. 2005, *Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semi-árido do Rio Grande do Norte: Plantas Hospedeiras e Índices de Infestação*. *Neotropical Entomology* 34(6): 889 - 894.
- Bentancourt C, Scatoni I. 2010. *Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay*. Montevideo: Editorial Agropecuaria hemisferio sur S.R.L. 582 p.
- Bento F. 2008. Influência da umidade em quatro tipos do solo no desenvolvimento pupal de *Ceratitis capitata* (Wiedeman, 1824), *Anastrepha fraterculus*

- (Wiedeman, 1830), do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmed, 1905) e de *Gymnandrosoma aurantianum* Lima, 1927. Tesis Ingeniero Agrónomo. Piracicaba, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 125 p.
- Bertolaccini I, Castro D, Zucchi RA. 2017. Nuevos registros de dos especies de *Toxotrypana* (Diptera: Tephritidae) en la Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Univerisdad Nacional de Cuyo, 49: 193–196.
- Bisognin M, Nava, DE, Diez-Rodriguez GI, Valgas RA, Carcia MS, Krolow CR, Antunes, EC. 2015. Development of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) Related to the phenology of blueberry, blackberry, strawberry guava, and surinam cherry fruits. Journal of Economic Entomology, 108(1): 192 - 200.
- Blanchard E. 1959 El género *Toxotrypana* en la República Argentina (Diptera, Trypetidae). Acta Zoológica Lilloana, 17: 33 - 44.
- Bomfim DA, Uchôa-Fernandes MA, Bragança MAL. 2007. Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em matas nativas e pomares domésticos de dois municípios do Estado do Tocantins, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia, 2(2): 217 - 223. doi: 10.1590/S0085-56262007000200012.
- Calvo MV, Delgado S, Duarte F, González A, Scatoni I, Garcia FM. 2019. The *curvicauda* species group of *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera, Tephritidae, Trypetinae) in Uruguay: new records of species and host plant. Check List, 15(6): 1167 - 1172. doi: 10.15560/15.6.1167.
- Carpintero DL, Testoni D. 2013. Insects found on *Araujia* species (Apocynaceae, Asclepiadoideae) in Argentina. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Nueva Serie, 15: 279 - 288. doi: 22179/REVMACN.15.184.
- Delgado S. 2020. Eficiencia y selectividad de atrayentes alimenticios para monitoreo y control de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en Uruguay. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo Uruguay. Facultad de Agronomía. 99p.

- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Cuadroda M and Robledo CW. 2018. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. URL Consultado el 12 de Diciembre de 2019. <http://www.infostat.com.ar>.
- Duyck PF, David P, Quilici S. 2004. A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecological Entomology*, 29: 511 - 520.
- Ekesi S, Maniania N, Mohamed S, Lux S. 2005. Effect of soil application of different formulations of *Metarhizium anisopliae* on African tephritid fruit flies and their associated endoparasitoids. *Biological Control*, 35: 83 - 91.
- Garcia FRM, Campos JV, Corseuil E. 2003a. Flutuação populacional de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera, Tephritidae) na Região Oeste de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 47: 415 - 420.
- Garcia FRM, Campos JV, Corseuil E. 2003b. Análise faunística de espécies de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) na região oeste de Santa Catarina. *Neotropical Entomology*, 32 (3): 421 - 426.
- Garcia FRM, Corseuil E. 1998a. Análise faunística de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em pomares de pessegueiro em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zoolgia*, 15(4): 1111 - 1117. doi; 10.1590/S0101-81751998000400028.
- Garcia FR, Corseuil E. 1998b. Flutuação populacional de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) e *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) em pomares de pessegueiro em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15 (1): 53 - 158.
- Hernández-Ortiz V, Barradas-Juanz N, Díaz-Castelazo C. 2019. A review of the natural host plants of the *Anastrepha fraterculus* complex in the Americas. En: Pérez-Staples D, Diaz-Fleischer F, Montoya P and Vera MT (Eds). Area-wide management of fruit fly pests. Boca Ratón: CRC Press, 89 - 122.
- Lanzavecchia S. 2004. *Ceratitis capitata*: Pest typification in Argentina. Tesis Doctoral. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 127 p.

- Lobos C. 1997. Distribución y registros de las principales especies de moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) en los países suramericanos. Perú: IICA Centro Regional Andino. 62 pp.
- Machado J, Nunes M, Boff MI, Garcia FR, Boff P, Franco Cr. 2018. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) assemblage in a feijoa orchard in Santa Catarina State, Brazil. *Revista Colombiana de Entomología*, 44: 110 - 115 doi: 10.25100/socolen.v44i1.6547.
- Malavasi A, Zucchi R, Sugayama R. 2000. Biogeografía. En: Malavasi A. Zucchi R. (Eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Editora Holos. 93 - 98.
- Martinez NB, Godoy FJ. 1987. Distanciamiento entre trampas McPhail en la captura de adultos de *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae). *Agronomía Tropical*, 37: 121 - 124.
- Mavrikakis PG, Economopoulos AP, Carey JR. 2000. Continuous Winter Reproduction and Growth of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Heraklion, Crete, Southern Greece. *Environmental Entomology*, 29(6): 1180 – 1187. doi: 10.1603/0046-225X-29.6.1180.
- Nascimento AS, Carvalho R. 2000. Manejo integrado de Moscas- das-Frutas. En: Malavasi A, Zucchi R. (Eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Editora Holos. 169 - 173.
- Norrbom AL, Barr NB, Kerr P, Mengual X. 2018. Case 3772 – *Anastrepha* Schiner, 1868 (Insecta, Diptera, Tephritidae): Proposed precedence over *Toxotrypana* Gerstaecker, 1860. *Bulletin of Zoological Nomenclature*, 75: 165 - 169. doi: 10.21805/bzn.v75.a033.
- Norrbom AL, Korytkowski CA, Zucchi RA, Uramoto K, Venable GL, McCormick J, Dallwitz MJ. 2012. *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys. Claves taxonómicas interactivas [En línea]. 20 de Mayo de 2020. Disponible en: <https://www.delta-intkey.com/anatox/index.htm>

- Ovruski S, Schliserman P, Aluja M. 2003. Native and introduced host plant of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en northwestern Argentina. *Journal of Economic Entomology*, 96: 1108 - 1118.
- Rodrigues SR, Nantes LR, de Souza SR, Abot AR, Uchôa MA. 2006. Moscas frugívoras (Diptera, Tephritoidea) coletadas em Aquidauana, MS. *Revista Brasileira de Entomologia* 50(1): 131 - 134.
- Santa Cruz J, Cordero S. 2018. First record of *Araujia sericifera* (Apocynaceae: Asclepiadoideae) for Chile, a new alien climbing species from South America. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53 (2): 313 - 317.
- Santos W. 2008. Zoneamento ecológico de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em dois cenários climáticos no Brasil. Tesis Doctorado. Piracicaba Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 96 p. doi: 10.11606/T.11.2008.tde-12062008-161926.
- Segura D, Vera T, Cagnotti C, Vaccaro N, De Coll O, Ovruski S, Cladera J. 2006. Relative abundance of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in diverse host species and localities of Argentina. *Annals of the Entomological Society of America*, 99: 70 - 83.
- Segura D, Vera T, Cladera J. 2004. Fluctuación estacional en la infestación de diversos hospedadores por la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), en la provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral*, 14: 3 - 17.
- Shelly T, Epsky N, Jang EB, Reyes-Flores J, Vargas RI. 2014. Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies. Lures, area-wide programs, and trade implications. Dordrecht: Springer, 638 p. doi: 10.1007/978-94-017-9193-9.
- Sciarretta A, Trematerra P. 2011. Spatio-temporal distribution of *Ceratitis capitata* population in a heterogeneous landscape in Central Italy. *Journal of Applied Entomology*, 135 (2011): 241 - 251. doi: 10.1111/j.1439-0418.2010.01515.x.
- Silva-Araujo E, Ribeira-Paiva L, Geraldo-Alves S, Bevacqua D, Edson-Nava D, Lavigne C, Garcia FRM. 2019. Phenological asynchrony between the fruit fly *Anastrepha fraterculus* and early maturing peach cultivars could contribute to

- pesticide use reduction. Spanish Journal of Agricultural Research, 17(1): e1001. doi: 10.5424/sjar/2019171-13294
- Silveira-Guido A, Habeck DH. 1976. Natural enemies of stranler, *Morrenia odorata*, and two close related species, *M. brachystephana* and *Araujia hortorum* in Uruguay. En: Freeman TE (Ed.). Proceeding of the IV International Symposium on Biological Control of Weeds. Gainesville: University of Florida. 128 - 131.
- Silveira Neto S, Nakano O, Barbin D, Villa Nova NA. 1976. Manual de Ecologia dos Insetos. Piracicaba: Editorial Agronômica Ceres. 419 p.
- Southwood TRE. 1995. Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 524 p.
- Trujillo-Peluffo, A. 1942. Estudio de la mosca de la fruta desde su aparición en nuestro medio. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Uruguay. Boletín 103. 32 p.
- Uchôa M, Oliveira I, Molina RMS, Zucchi RA. 2003. Biodiversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritoidea) captured in Citrus groves in Mato Grosso do Sul, Brazil. Neotropical Entomology, 32: 239 - 246.
- Uchôa M, Zucchi R. 1999. Metodología de colecta de Tephritidae y Lonchaeidae frugívoros (Diptera: Tephritoidea) y sus parasitoides (Hymenoptera). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 28(4): 601 - 610.
- Vayssières JF, Korie S, Ayegnon D. 2009. Correlation of fruit fly (Diptera Tephrytidae) infestation of mango cultivares in Borgou (Benin) with abiotic and biotic factors and assessment of damage. Crop Protection, 28: 477 - 488.
- Vivian-Smith G, Panetta FD. 2005. Seedling recruitment, seed persistence and aspects of dispersal ecology of the invasive moth vine, *Araujia sericifera* (Asclepiadaceae). Australian Journal of Botany, 53: 225 - 230. doi: 10.1071/BT04118.
- Zucchi RA. 2000 Taxonomia. En: Malavasi A, Zucchi, R. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Editora Holos. 13 - 24.

### **3. HOSPEDANTES Y PARASITOIDES DE LAS MOSCAS DE LA FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EN URUGUAY**

#### **3.1. RESUMEN**

Debido al impacto económico y a las restricciones cuarentenarias que impiden la comercialización de frutos por presencia de las moscas de la fruta, es importante establecer el estatus de hospedante para cada especie. El objetivo es relacionar las especies de tefrítidos presentes en Uruguay con sus respectivos hospedantes y enemigos naturales. En el norte y sur del país se realizaron colectas mensuales (abril 2013-diciembre de 2015) de frutos maduros en hospedantes silvestres y cultivos comerciales. De los frutos colectados se obtuvieron 4070 pupas de 29 especies/variedades pertenecientes a 7 familias. El 71% de los frutos infestados fueron especies nativas (13% del peso total) y el 29% restante a frutos exóticos (87% del peso). Los frutos nativos con altas infestaciones fueron *Acca sellowiana*, y los exóticos *Citrus clementina* cv Afourer y *Pyrus communis* cv William's. Emergieron un total de 2568 individuos pertenecientes a 4 especies de Tephritidae. Se obtuvieron 1321 ejemplares de *Anastrepha fraterculus*, 1113 de *Ceratitis capitata* y 134 de Lonchaeidae. Se registran para Uruguay dos especies de Lonchaeidae, *Neosilba pradoi* y *Diasiops frieseni*. La mayor diversidad de hospedantes se observó para *C. capitata* mientras que para *A. fraterculus*, el rango de hospedantes es menor. Para *A. fraterculus*, *C. capitata* y Lonchaeidae se establece como nuevo hospedante *A. spinescens* y para *C. capitata*, *Pouteria garderiana* y *Maclura pomifera*. Entre las especies de importancia económica, se registran también *C. sinensis* cv. Valencia como hospedante de *N. pradoi* y *C. clementina* cv Afourer para *A. fraterculus*. Los frutales de la familia Myrtaceae son los principales hospedantes de *A. fraterculus* y *C. capitata*. El parasitismo observado fue del 1% y se reportan 4 especies de braconidos nuevas para el país, *Opius bellus*, *Utetes anastrephae*, *Doryctobracon areolatus* y *Doryctobracon brasiliensis*. Todas parasitando *A. fraterculus* mayoritariamente en frutos nativos y en áreas poco perturbadas, lo que resalta la importancia de estos sitios como reservorio de enemigos naturales.

Palabras clave: *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata*, Lonchaeidae, Braconidae

### 3.2. SUMMARY

Due to the economic impact and the quarantine restrictions that prevent the commercialization of fruits due to the presence of Tephritidae, it is important to establish the host status of each species. The objective of this work is to relate the Tephritidae species present in Uruguay with their respective hosts and natural enemies. In the north and south of the country, monthly collections (April 2013-December 2015) of ripe fruits were carried out in wild hosts and commercial crops. From the collected fruits, 4070 pupae of 29 species / varieties belonging to 7 families were obtained. Seventy-one percent corresponded to native species (13% of the total weight). The exotic fruits collected were mostly of commercial interest, representing 29% of the fruits (87% of the mass collected). The native, *Acca sellowiana* and the exotic *Citrus clementina* cv Afourer and *Pyrus communis* cv William's stand out for their high infestations. A total of 2568 individuals emerged from 4 species of Tephritidae. *Anastrepha fraterculus* accounted for 1321 specimens, 1113 were *Ceratitis capitata* and 134 emerged flies were Lonchaeidae. Two Lonchaeidae, *Neosilba pradoi* and *Diasiops frieseni*, are registered for Uruguay. The greatest diversity of hosts was observed for *C. capitata*, the most affected being *Passiflora caerulea*, *Pouteria gardneriana* and *A. sellowiana*, and various varieties of citrus and peach trees for the fruits of commercial interest. For *A. fraterculus*, *A. sellowiana* and *Acanthosyris spinescens* stand out, and among the exotic species *Pyrus communis* and *Citrus paradisi*. For *A. fraterculus*, *C. capitata* and Lonchaeidae, the native species *A. spinescens* is established as a new host and for *C. capitata* also *Pouteria gardneriana* and *Maclura pomifera*. Among the economically important species, *C. sinensis* cv. Valencia as host of *N. pradoi* and *C. clementina* cv Afourer for *A. fraterculus*. The fruit of the Myrtaceae family are the main hosts of *A. fraterculus* and *C. capitata*, other families were Rutaceae and Rosaceae. The parasitism observed was 1% and 4 new species of braconids are reported, *Opius bellus*, *Utetes anastrephae*, *Doryctobracon areolatus* and *Doryctobracon brasiliensis*. All of them parasitizing *A. fraterculus* mainly on native fruits in mostly undisturbed areas, which highlights their importance as reservoirs for natural enemies.

Keyword: *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata*, Lonchaeidae, Braconidae

### 3.3. INTRODUCCIÓN

La familia Tephritidae incluye algunas especies de moscas de las frutas que causan severos daños a la producción frutícola mundial debido al impacto económico directo y a las restricciones cuarentenarias que impiden su comercialización (Malavasi et al., 2000). Por esta última razón es importante establecer el estatus de hospedante de cada especie en un ambiente, así como su variabilidad geográfica (Aluja y Mangan, 2008). En esta familia, los géneros de mayor importancia económica son: *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Anastrepha* y *Rhagoletis* (García et al., 2020); dentro de los cuales se ubican especies extremadamente polífagas y de gran importancia económica en nuestro país como *Ceratitis capitata* (Wiedemann) y *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Bentancourt y Scatoni, 2010). Otra familia que presenta especies que pueden infestar frutos son los Lonchaeidae. Estas especies fueron consideradas como infestaciones secundarias, pero recientemente se ha descrito que pueden infestar frutos sin depender de la asociación con la oviposición de tefrítidos (Calvo et al. 2017, Nicácio y Uchôa 2011, Strikis y Lerena 2009). Dentro de esta familia se destaca el género *Neosilba* McAlpine el cual incluye más de 16 especies, algunas de las cuales causan severos daños a frutales en la región (García y Norrbom 2011, Strikis y Prado 2005).

*Ceratitis capitata*, conocida como mosca del Mediterráneo, presenta una amplia distribución mundial, gran adaptabilidad a condiciones climáticas variadas y elevado potencial reproductivo. Es una especie extremadamente polífaga, registrándose más de 260 especies vegetales hospedantes. Se presenta como la plaga de mayor importancia económica en la citricultura mundial, y bajo determinadas condiciones agroclimáticas como plaga primaria en durazneros, perales y manzanos. En ausencia de control *C. capitata* puede provocar pérdidas de hasta un 100% de la producción (Ekesi et al. 2005, Lanzavecchia 2004). Esta especie es abundante en plantas pertenecientes a la Familia Rutaceae y se adapta favorablemente a ambientes perturbados, con predominancia de frutos exóticos (Ovruski et al., 2003).

*Anastrepha fraterculus*, conocida como mosca Sudamericana, es una especie polífaga que vive sobre una amplia gama de frutos silvestres y cultivados, siendo la especie de moscas de la fruta de mayor importancia económica en la región

Neotropical (Garcia et al., 2017). De hecho, comprende un complejo de especies crípticas que actualmente se reconocen mediante procedimientos morfométricos como ocho morfotipos, muy probablemente correspondientes a diferentes especies biológicas (Hernández-Ortiz et al. 2015, 2012). También hay evidencia de que algunas poblaciones presentan diferencias importantes en el rango de hospedantes utilizados, especies preferenciales a escala regional. Recientemente Hernández-Ortiz et al. (2019), realizaron una revisión de los hospedantes de *A. fraterculus* y encontraron reportes de 177 especies pertenecientes a 40 familias de plantas. Las familias más representadas fueron Myrtaceae (27,1%), Rosaceae (11,9%) y Rutaceae (8,5%). Las Myrtaceae exhibieron un alto porcentaje (> 90%) de especies nativas en contraste con las proporciones más altas de especies exóticas presentadas en las otras familias. La mayor diversidad de especies hospedantes fue encontrada en Brasil, seguida de Argentina y Ecuador. Concluyen además que aún persisten vacíos en la información sobre hospedantes para esta especie en diversos países, lo que incluye a Uruguay.

La polifagia observada en *C. capitata* y *A. fraterculus* y la presencia de hospedantes cultivados y silvestres asegura que las poblaciones puedan desarrollarse durante todo el año por lo menos en algunas regiones (Ovruski et al., 2003). Segura et al. (2006) encontraron que *C. capitata* y *A. fraterculus* coexisten en varias áreas y hospedantes en Argentina. Ambas especies tienen similares requerimientos ecológicos por lo que en un hábitat donde haya escasez de hospedantes podría existir una fuerte competencia interespecífica. La abundancia de las poblaciones de las moscas va a depender de la disponibilidad de hospedantes en la zona. Además, los factores abióticos como temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y lluvias influyen de forma significativa en la abundancia de sus poblaciones (Vayssières et al. 2009, Segura et al. 2004). Estos factores afectan el desarrollo y la sobrevivencia de los diferentes estados, la fecundidad y la longevidad de los adultos.

Otro de los factores que influyen en las poblaciones son los enemigos naturales. En cada región existe un guild de parasitoides larval-pupal que está viviendo sobre las moscas de la fruta. Se ha encontrado que la variedad hospedante juega un papel importante en el parasitismo, en algunas de ellas no se encuentran parasitoides, por

ejemplo, en cítricos en algunas regiones y sin embargo son abundantes en los frutales nativos (García et al. 2020, García y Corseuil 2004, Ovruski et al. 2004). Los parasitoides más frecuentes en Brasil y Argentina son los integrantes de la familia Braconidae (Canal y Zucchi, 2000).

En Uruguay, no existen estudios detallados sobre las especies hospedantes de moscas de la fruta ni sus enemigos naturales. El presente trabajo tiene como objetivo relacionar las especies presentes en Uruguay con sus hospedantes cultivados y silvestres, y sus enemigos naturales.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

Entre abril de 2013 y diciembre de 2015 se realizaron colectas de frutos maduros en predios comerciales y áreas no comerciales, de especies exóticas, nativas, cultivadas o silvestres en el norte y sur de Uruguay. Los frutos fueron colectados de la planta y del suelo debajo de la copa y fueron llevados al laboratorio donde se contaron, pesaron y acondicionaron individualmente en potes con arena (Figura 3.1 A y B). Cada recipiente fue rotulado con la fecha de muestreo, localidad, especie vegetal, cultivar, origen (planta/suelo) y número de fruto. Los frutos fueron mantenidos en laboratorio en condiciones de temperatura, humedad y fotoperiodo controlados ( $25\pm 5$  °C,  $70\pm 10\%$  HR y 12 h de luz). La arena de cada recipiente fue tamizada semanalmente para la colecta de pupas, éstas fueron contabilizadas y trasladadas a placas de Petri hasta la emergencia de adultos o parasitoides (Figura 3.1 C y D). Los adultos emergidos fueron preservados en alcohol 96% y mantenidos en frascos etiquetados, para su posterior identificación. Para la identificación del material colectado se utilizaron las claves taxonómicas de Malavasi et al., (2000) y la clave interactiva Intkey for Windows, Version 5.11 (Norrbon et al., 2012). Una muestra de los ejemplares de Lonchaeidae se enviaron a identificar por el Dr. Strikis (Universidad de São Paulo, Brasil), especialista en el grupo. Las especies de moscas presentes en los frutos y la proporción de sexos, en cada especie vegetal y variedad fueron registradas. Debido a la dificultad que representa la identificación a nivel de especie de todos los ejemplares emergidos, se agruparon los ejemplares de esta familia para realizar los análisis de infestación.

Se calcularon los índices de infestación expresados como el número de puparios por peso (kg) de frutos y el porcentaje de frutos infestados (número de frutos infestados/número de frutos muestreados x 100) (García y Norrbom 2011, Segura et al. 2004, Araújo y Zucchi, 2003). Para la relación de pupas por frutos infestados se calcularon los estadísticos básicos de media, desvío estándar e intervalo de confianza de la media ajustados por la corrección de Bonferroni (Infostat). La infestación de frutos por hospedante se consideró para cada especie de mosca de la fruta. El análisis se realizó mediante la construcción de una red trófica y un heatmap con el paquete Bipartite del software R, R Core Team (Di Rienzo et al., 2020). Debido que algunos valores del índice de infestación especie-hospedante fueron muy bajos la relación se multiplicó por 1000 para estos últimos análisis.

Los valores que pueden tomar los índices son muy variables y dependen fundamentalmente del hospedante, estado de madurez del fruto, época, localidad, disponibilidad de alimento, entre otros. Por lo tanto, se brinda la información de la localidad y se construyó un cuadro con las fechas de colecta para cada especie hospedante.

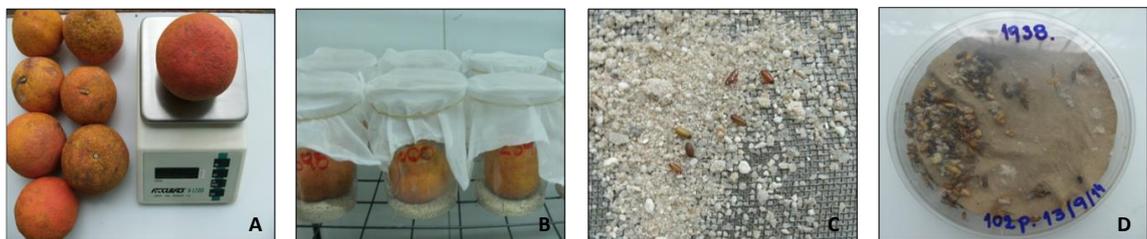


Figura 3.1. Procesamiento de fruta. A: Pesado de frutos en laboratorio. B: Frutos acondicionados individualmente en potes de plástico con arena y *voile*. C: Arena tamizada para extracción de pupas. D: Placa de Petri con pupas y adultos de Tephritidae.

Cuando de los frutos emergieron parasitoides, estos fueron también preservados en alcohol 96% para su identificación posterior, registrándose la especie vegetal de donde provenían y la especie de tefrítidos que había emergido de la misma muestra. Las moscas de la fruta fueron identificadas siguiendo la clave Canal y Zucchi (2000). La asociación entre la especie de parasitoide y la mosca hospedante fue considerada

solamente cuando una única especie de mosca y de parasitoide fue obtenida en el mismo recipiente de emergencia. (Canal et al., 1994). Se calculó el parasitismo total ( $PT = n^{\circ} \text{ parasitoides emergidos} \times 100 / n^{\circ} \text{ moscas emergidas} + n^{\circ} \text{ de parasitoides emergidos}$ ), la frecuencia relativa de las especies de moscas y parasitoides ( $FR = n^{\circ} \text{ de ejemplares de una especie colectada} \times 100 / n^{\circ} \text{ total de ejemplares de cada especie recolectada}$ ) y la viabilidad pupal ( $VP = n^{\circ} \text{ parasitoides} + n^{\circ} \text{ de moscas emergido} \times 100 / n^{\circ} \text{ total de pupas}$ ) según Matrangolo et al. (1998).

### **3.5. RESULTADOS**

Se muestrearon frutos pertenecientes a 40 especies/variedades de 8 familias de plantas con potencial de ser hospedantes de moscas de la fruta. La mayoría de las especies muestreadas pertenecen a las familias Myrtaceae, Rutaceae y Rosaceae. En total se colectaron 8631 frutos que representan 4433 kg (Cuadros 3.1 y 3.2). El 74% de los frutos muestreados fueron colectados de la planta, el restante 26% fueron frutos tomados del suelo. Los frutos colectados del suelo mayoritariamente corresponden a plantas nativas, cuya altura dificultaba la colecta desde el árbol. En lo que respecta a las zonas de colecta, 6203 y 2428 frutos procedían del norte y sur del país, respectivamente.

Cuadro 3.1. Plantas muestreadas en norte de Uruguay discriminadas por Departamento, origen de la especie nativa (n) o exótica (e), tipo de colecta: planta (P) o suelo debajo de la copa (S), peso de la muestra de frutos [W (kg)], número total de frutos colectados (N).

Departamento	Familia	Nombre común	Nombre científico	n/e	S/P	W (kg)	N		
Salto	Moraceae	Maclura	<i>Maclura pomifera</i>	e	S	6,4	21		
		Guayabo del país	<i>Acca sellowiana</i>	n	P	0,6	53		
	Myrtaceae	Cereza del monte	<i>Eugenia involucrata</i>	e	P	0,5	337		
		Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	n	P	1,0	1167		
		Ubajay	<i>Hexachlamys edulis</i>	n	P	4,3	312		
		Ubajay	<i>Hexachlamys edulis</i>	n	S	1,7	114		
		Guaviyú	<i>Myrcianthes pungens</i>	n	S	0,7	345		
		Arazá rojo	<i>Psidium cattleianum</i> red	n	P	1,2	316		
		Arazá rojo	<i>Psidium cattleianum</i> red	n	S	0,7	212		
		Arazá amarillo	<i>Psidium cattleianum</i> yellow	n	P	2,4	376		
		Arazá amarillo	<i>Psidium cattleianum</i> yellow	n	S	1,4	282		
		Guayabo brasileiro	<i>Psidium guajava</i>	e	P	5,7	261		
		Guayabo brasileiro	<i>Psidium guajava</i>	e	S	3,9	123		
		Cervantesiaceae	Quebracho flojo	<i>Acanthosyris spinescens</i>	n	P	0,9	93	
			Quebracho flojo	<i>Acanthosyris spinescens</i>	n	S	2,1	214	
		Ebenaceae	Kaki	<i>Diospyros kaki</i>	e	p	2,9	46	
		Rosaceae	Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	e	P	2,2	387	
		Rutaceae	Durazno 'EarliGrande'	<i>Prunus persica</i> cv EarliGrande	e	P	0,7	19	
			Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>	e	p	1,6	10	
			Bergamota	<i>Citrus bergamia</i>	e	P	2,0	10	
	Mandarina 'Afourer'		<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	e	P	3,4	31		
	Limón rugoso		<i>Citrus jambhiri</i>	e	p	1,4	10		
	Kumquat		<i>Citrus japonica</i>	e	P	0,3	40		
	Toronja		<i>Citrus maxima</i>	e	P	5,5	6		
	Cidra		<i>Citrus medica</i>	e	P	8,4	19		
	Pomelo 'Duncan'		<i>Citrus paradisi</i> cv Duncan	e	P	10,3	50		
	Pomelo 'Star Ruby'		<i>Citrus paradisi</i> cv Star Ruby	e	P	1,5	7		
	Naranja 'Navel'		<i>Citrus sinensis</i> cv Navel	e	P	2160,0	10		
	Naranja 'Navel'		<i>Citrus sinensis</i> cv Navel	e	S	826,0	4		
	Naranja 'Valencia'		<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia	e	P	16,4	97		
	Naranja 'Valencia'		<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia	e	S	7,7	49		
	Sapotaceae		Matajojo colorado	<i>Pouteria Gardneriana</i>	n	S	0,8	56	
	Paysandu		Rutaceae	Mandarina	<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	e	P	3,5	26
				Mandarina	<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	e	S	5,1	47
				Mandarina 'Clementina'	<i>Citrus clementina</i> cv Clementina	e	P	9,7	139
		Pomelo 'Star Ruby'		<i>Citrus paradisi</i> Star Ruby	e	P	42,9	138	
		Pomelo 'Star Ruby'		<i>Citrus paradisi</i> Star Ruby	e	S	18,8	70	
		Mandarina		<i>Citrus reticulata</i> cv Satsuma	e	P	11,6	112	
		Mandarina		<i>Citrus reticulata</i> cv Satsuma	e	S	4,6	53	
		Mandarina		<i>Citrus reticulata</i> cv Satsuma Owari	e	P	6,7	65	
Mandarina		<i>Citrus reticulata</i> cv Satsuma Owari		e	S	2,8	28		
Naranja		<i>Citrus sinensis</i> cv Navel		e	P	10,1	53		
Naranja		<i>Citrus sinensis</i> cv Navel		e	S	16,5	88		
Naranja 'Valencia'		<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia		e	P	32,3	214		
Naranja 'Valencia'		<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia		e	S	13,0	93		

Cuadro 3.2. Plantas muestreadas en sur de Uruguay discriminadas por Departamento, origen de la especie nativa (n) o exótica (e), tipo de colecta: Planta (P) o suelo debajo de la copa (S), peso de la muestra de frutos [W (kg)], número total frutos colectados (N).

Departamento	Familia	Nombre común	Nombre científico	n/e	S/P	W (kg)	N	
Montevideo	Arecaceae	Butiá	<i>Butia capitata</i>	n	P	0,3	8	
	Myrtaceae	Guayabo del país	<i>Acca sellowiana</i>	n	P	2,5	168	
		Guayabo del país	<i>Acca sellowiana</i>	n	S	2,3	92	
	Rosaceae	Manzana Pink Lady	<i>Malus domestica</i> cv Pink Lady	e	P	19,6	151	
		Durazno	<i>Prunus persica</i>	e	P	20,7	149	
		Durazno 'Pavía Canario'	<i>Prunus persica</i> cv Pavia Canario	e	P	14,4	140	
		Pera	<i>Pyrus communis</i> cv William's	e	P	3,4	27	
	Canelones	Rutaceae	Naranja 'Valencial'	<i>Citrus sinensis</i>	e	P	56,4	300
		Moraceae	Higo	<i>Ficus carica</i>	e	P	0,4	12
			Higo	<i>Ficus carica</i>	e	S	1,7	29
Myrtaceae		Guayabo del país	<i>Acca sellowiana</i>	n	P	1,1	54	
		Guayabo del país	<i>Acca sellowiana</i>	n	S	4,2	219	
		Arazá rojo	<i>Psidium cattleianum</i> red	n	P	0,5	118	
		Arazá amarillo	<i>Psidium cattleianum</i> yellow	n	P	0,6	137	
Passifloraceae		Arazá amarillo	<i>Psidium cattleianum</i> yellow	n	S	0,1	17	
		Mburucujá	<i>Passiflora caerulea</i>	n	P	0,0	3	
Rosaceae		Membrillo manzana	<i>Cydonia oblonga</i>	e	P	18,8	150	
	Ciruela	<i>Prunus salicina</i>	e	P	1,5	29		
	Pera 'William's'	<i>Pyrus communis</i> cv William's	e	P	20,8	142		
	Pera 'William's'	<i>Pyrus communis</i> cv William's	e	S	10,5	68		
	Rutaceae	Mandarina 'Afourer'	<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	e	P	11,5	96	
		Mandarina	<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	e	S	934,6	12	
		Mandarina 'Afourer'	<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	e	S	0,9	12	
		Kumquat	<i>Citrus japonica</i>	e	P	0,2	21	
	Pomelo 'Duncan'	<i>Citrus paradisi</i> cv Duncan	e	P	0,1	1		
	Mandarina 'Ortanique'	<i>Citrus reticulata</i> x <i>C. sinensis</i> cv Ortanique	e	P	2,2	38		
Naranja 'Navel'	<i>Citrus sinensis</i> cv Navel	e	S	3,0	21			
San Jose	Passifloraceae	Mburucujá	<i>Passiflora caerulea</i>	n	P	0,1	6	
	Rutaceae	Mandarina 'Ellendale'	<i>Citrus reticulata</i> cv Ellendale	e	P	13,4	95	
		Naranja 'Navel'	<i>Citrus sinensis</i> cv Navel	e	P	23,4	105	
		Naranja 'Navel'	<i>Citrus sinensis</i> cv Navel	e	S	2,0	8	

De los frutos colectados se obtuvieron 4070 pupas de 29 especies/variedades pertenecientes a 7 familias. Myrtaceae es la familia que presenta una mayor diversidad de hospedantes a nivel de género y especie, aunque Rutaceae presenta una gran diversidad si se consideran las diferentes variedades de cítricos de interés comercial. De los frutos infestados el 71% pertenecieron a especies de plantas nativas que, por ser frutos pequeños, en peso representan el 13% del total. Los frutos exóticos colectados fueron mayoritariamente de interés comercial por lo cual su peso es mayor, representando el 87% de la masa (kg) colectada, pero en número de frutos fue el 29%. En lo que respecta al tipo de colecta, el 63% de las pupas obtenidas emergieron de frutos colectados en planta, y el 40% de frutos del suelo. Los mayores porcentajes de frutos infestados, superando al menos el 20% de infestación de la muestra total, corresponden a frutos nativos, excepto en perales donde la infestación

superó el 30 % (Figura 3.2). De los frutos nativos, se destacan *Acca sellowiana* por presentar mayor número de pupas por fruto infestado tanto en el Norte como en el Sur del país, y *Passiflora caerulea* que presentó un alto número de pupas por fruto, aunque hay que considerar que el número de frutos colectados fue bajo. De los frutos exóticos *Citrus clementina* cv Afourer y *Pyrus communis* cv William's también presentaron altos números de pupas por fruto infestado, pero se observó variabilidad según el lugar de colecta (Cuadro 3.3).

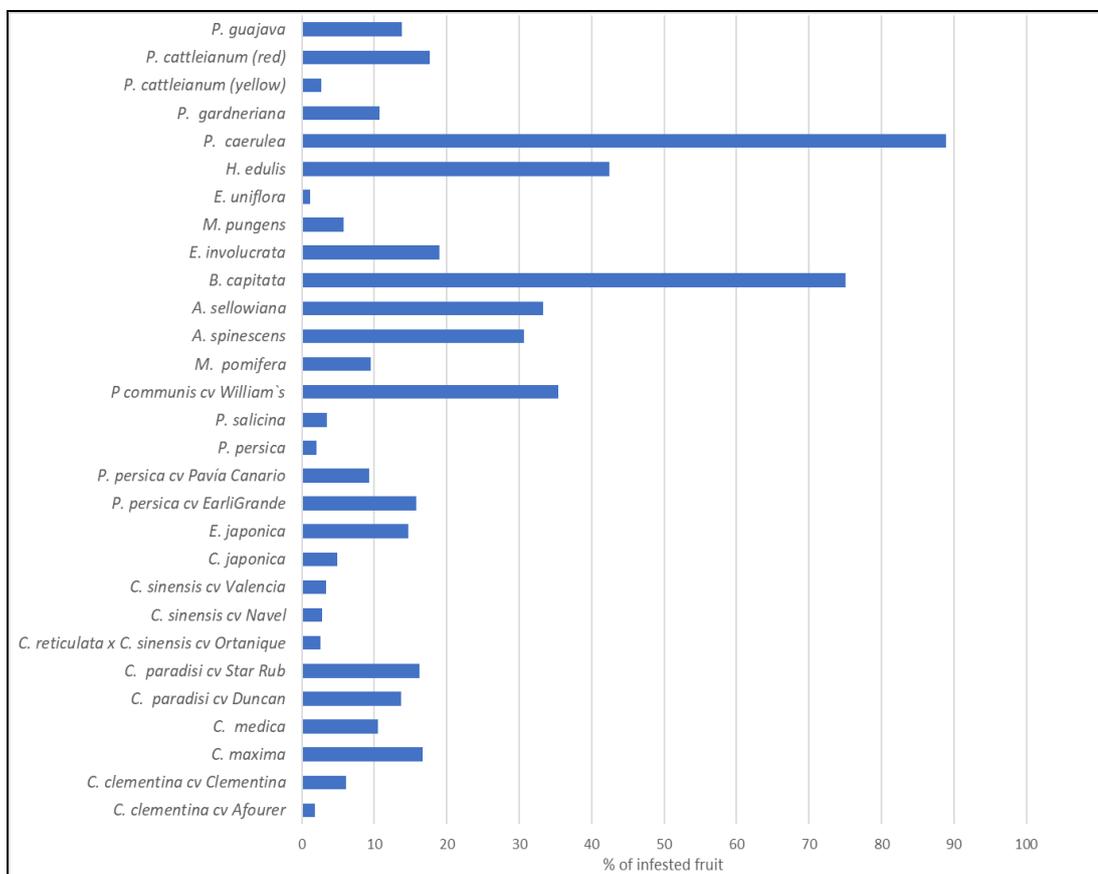


Figura 3.2. Porcentaje de frutos infestados en relación al total de frutos colectados por especie hospedante (Uruguay).

Cuadro 3.3. Plantas hospedantes según tipo de colecta (C) (P=Planta, S=Suelo), pupas totales, dípteros emergidos de fruta (L: Loncheidae), índices de infestación pupa/ fruta infestada (W= peso en kg), pupa por número de frutos infestados (media de pupas por fruto y desvío estándar) con su intervalo de confianza (IC 95%) corregido por Bonferroni (N= número de frutos).

Departamento	Hospedante	C	Pupas				L	Pupa/ W (kg)	Pupa/N media±DS	IC (95%)		
			<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>	<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>						
Salto	<i>Acanthosyris spinescens</i>	P	197	40	19	8	7	0	216,50	2,1 ±4	1,29;2,95	
	<i>Acanthosyris spinescens</i>	S	129	36	37	0	3	2	61,46	0,61±1	0,45;0,73	
	<i>Acca sellowiana</i>	P	114	21	18	0	0	0	195,21	2,15±2,5	1,47;3,10	
	<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	P	1	0	0	0	0	0	0,29	0,03±0,18	0,00; 0,09	
	<i>Citrus japonica</i>	P	1	1	0	0	0	0	3,85	-	-	
	<i>Citrus maxima</i>	P	1	0	1	0	0	0	0,18	0,21±0	0,00;0,41	
	<i>Citrus medica</i>	P	3	0	0	0	1	0	0,36	0,16±0,5	0,00; 0,38	
	<i>Citrus paradisi</i> cv Duncan	P	23	0	1	5	0	0	2,23	0,46±1	0,09;0,99	
	<i>Citrus paradisi</i> cv Star Ruby	P	1	0	0	0	0	0	0,68	0,21±0	0,0; 0,37	
	<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia	P	67	0	0	11	34	1	4,10	0,6 ±2,0	0,19; 1,10	
	<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia	S	166	0	0	58	65	15	21,69	3,4±8	1,60; 5,81	
	<i>Eriobotrya japonica</i>	P	60	12	15	7	10	2	27,78	0,3±1	0,26;0,37	
	<i>Eugenia involucrata</i>	P	64	13	17	2	2	10	127,49	0,2±1,5	0,22;0,38	
	<i>Eugenia myrcianthes</i>	P	197	40	19	8	7	0	216,48	2,1±4	1,29; 2,95	
	<i>Eugenia uniflora</i>	P	14	0	0	0	0	11	14,11	0,01	0,00;0,03	
	<i>Hexachlamys edulis</i>	P	184	36	28	8	17	58	43,20	0,6±1	0,04;0,71	
	<i>Hexachlamys edulis</i>	S	55	9	14	3	3	10	32,30	0,5±1	0,34; 0,63	
	<i>Maclura pomifera</i>	S	15	0	0	1	0	0	2,36	0,71±3	0,00; 2,59	
	<i>Myrcianthes pungens</i>	S	22	1	1	11	7	0	33,59	0,13±0,4	0,07; 0,19	
	<i>Pouteria gardneriana</i>	S	44	0	0	17	27	0	55,56	0,79 ± 2	0,09; 1,62	
	<i>Prunus persica</i> cv EarliGrande	P	17	0	0	4	2	0	22,91	0,89 ± 3	0,0; 2,14	
	<i>Psidium cattleianum</i> red	P	139	31	36	1	1	2	112,01	0,44±1	0,32; 0,56	
	<i>Psidium cattleianum</i> red	S	27	10	12	0	0	0	39,94	0,13±0,4	0,07; 0,18	
	<i>Psidium cattleianum</i> yellow	P	21	3	3	0	0	1	8,85	0,06±0,3	0,02; 0,09	
	<i>Psidium guajava</i>	P	144	52	41	5	8	9	25,49	0,56±0,1	0,34; 0,77	
	<i>Psidium guajava</i>	S	13	5	7	0	0	0	3,32	0,11±0,4	0,03; 0,18	
	Paysandú	<i>Citrus clementina</i> cv Clementina	P	33	0	0	15	16	0	3,40	1±5	0,00; 2,96
		<i>Citrus paradisi</i> cv Star Ruby	P	46	3	9	0	0	1	1,07	0,5±0,9	0,18; 0,45
		<i>Citrus paradisi</i> cv Star Ruby	S	10	1	0	0	0	0	0,53	0,24±0,6	0,03; 0,31
		<i>Citrus sinensis</i> cv Valencia	S	1	0	0	0	0	0	0,08	0,01±0,1	0,00;0,03
Montevideo	<i>Acca sellowiana</i>	P	906	178	129	0	1	0	359,95	5,39±9	3,96;6,82	
	<i>Acca sellowiana</i>	S	547	202	143	85	83	0	234,26	2,16±3	1,47;2,85	
	<i>Butia capitata</i>	P	6	0	0	2	4	0	21,90	0,75±0,4	0,38; 0,97	
	<i>Prunus persica</i>	P	31	0	0	15	16	0	1,50	0,21±2	0,00; 0,61	
	<i>Prunus persica</i> cv Pavia Canario	P	136	0	0	30	68	0	9,41	0,97±3	0,41; 1,60	
	<i>Pyrus communis</i> cv William's	P	17	5	2	0	2	0	4,96	0,63±1	0,12; 1,06	
Canelones	<i>Acca sellowiana</i>	P	24	3	3	0	0	0	22,00	0,31 ± 0,7	0,12;0,5	
	<i>Acca sellowiana</i>	S	404	10	9	138	181	0	95,60	1,33 ± 2	0,93;1,73	
	<i>Citrus clementina</i> cv Afourer	S	17	4	9	2	2	0	18,18	1,42 ± 2	0,00; 3,07	
	<i>Citrus paradisi</i> cv Duncan	P	1	1	0	0	0	0	9,52	-	-	
	<i>Citrus reticulata</i> x <i>C. sinensis</i>	P	20	0	0	5	15	0	9,23	0,53 ± 3	0,00;0,07	
	<i>Citrus sinensis</i> cv Navel	S	12	0	0	4	5	0	3,99	0,71 ± 2	0,00;1,90	
	<i>Fortunella margarita</i>	P	10	4	2	0	0	0	60,24	0,5 ± 1	0,24;1,24	
	<i>Passiflora caerulea</i>	P	19	0	0	2	9	8	575,76	6,33 ± 1	5,00; 7,83	
	<i>Prunus salicina</i>	P	4	0	2	0	0	0	2,62	0,14 ± 0,7	0,00; 0,42	
	<i>Psidium cattleianum</i>	P	2	0	0	0	1	0	3,33	0,01 ± 0,1	0,00;0,03	
	<i>Psidium cattleianum</i>	P	45	0	0	16	23	0	93,75	0,39 ± 0,7	0,25;0,53	
	<i>Psidium cattleianum</i>	S	7	6	0	0	1	0	53,85	0,41 ± 0,7	0,00; 0,40	
	<i>Pyrus communis</i> cv William's	P	197	27	36	5	5	4	9,47	1,39 ± 2	0,99; 1,78	
San Jose	<i>Pyrus communis</i> cv William's	S	15	5	8	0	0	0	1,43	0,22 ± 0,5	0,10; 0,36	
	<i>Citrus sinensis</i> cv Navel	P	8	0	0	2	2	0	0,34	0,08±0,4	0,00; 0,20	
	<i>Passiflora caerulea</i>	P	30	0	0	12	18	0	600,00	5±3	2,03;7,97	

La viabilidad pupal fue del 64% por lo que emergieron un total de 2568 individuos. De la familia Tephritidae se obtuvieron 1321 ejemplares de *A. fraterculus* y 1113 de *C. capitata*. De la familia Lonchaeidae emergieron 134 ejemplares de los cuales se pudieron identificar dos especies que son nuevos registros para el país, *Neosilba pradoi* y *Dasiops frieseni* (Anexo). En el sur del país se observó la mayor emergencia Tephritidae, este alto porcentaje de emergencias en la zona sur está explicado por la cantidad de frutos de *A. sellowiana* que se colectaron y la severidad del ataque que se registró en este hospedante por ambas especies. Lo contrario se observó para los Lonchaeidae donde la mayor emergencia se observó en el norte (Cuadro 3.3).

La mayor infestación considerando el número de pupas por peso (kg) de fruta muestreado se observó en frutales nativos, siendo los que presentaron mayores valores *P. caerulea*, *A. sellowiana*, *Acanthosyris spinescens*, *Eugenia involucrata* y *Psidium cattleianum* red. De los frutales exóticos, los mayores índices se observaron en *Fortunella margarita*, y *Eriobotrya japonica*. Para los frutales de interés comercial los índices de infestación por peso (kg) de fruto son bajos, y los valores más representativos se dan en *Prunus persica* cv EarliGrande, *Citrus sinensis* cv Valencia en el norte y *Citrus clementina* cv Afourer en el sur (Cuadro 3.3).

Al analizar el rango de hospedantes, observamos que *C. capitata* presenta una mayor diversidad de especies en su rango que las demás moscas de la fruta, estando presente en 24 de las 40 especies/variedades muestreadas. Para esta especie el mayor índice de infestación en relación al número de frutos corresponde a *P. caerulea*. Los frutos de interés comercial de diversas variedades de cítricos y durazneros aportan cualitativamente a la presencia de esta especie. De los frutos nativos, si bien muchas especies pueden ser atacados por la mosca del Mediterráneo, *Pouteria gardneriana* y *A. sellowiana* son en las que se observó mayor emergencia (Figuras 3.3 y 3.4).

Para *A. fraterculus*, el rango de hospedantes es un poco menor, encontrándose una diversidad de hospedantes de 16 especies/variedades muestreadas. Dentro de este rango, en Uruguay los frutales nativos son los que realizan la mayor contribución, tanto en diversidad de especies/variedades (9 de las 40 especies/variedades) como cualitativamente en relación a los ejemplares emergidos por frutos infestados. Entre

los frutos nativos se destaca *A. sellowiana* por ser el que realiza el mayor aporte cuantitativo para esta especie de mosca seguido de *A. spinescens* (quebracho flojo) y *P. guava* (guayabo brasileiro). En las especies exóticas de interés comercial, la pera (*P. communis* cv William's) es la que presentó mayor infestación, y en menor medida pomelo (*C. paradisi* cv Duncan y cv Ruby) y la mandarina Afourer (*C. clementina* cv Afourer) (Figura 3.3).

La familia Lonchaeidae es la que presenta el menor rango de hospedantes, encontrándose en 12 de las 40 especies/variedades muestreadas. La mayor diversidad de especies hospedantes corresponde a frutos nativos siendo, *P. caerulea* y *Hexachlamys edulis* (Ubajay) las que presentaron el mayor número de pupas por fruto. De los frutos exóticos de interés comercial, los que presentaron mayores índices de infestación fueron la naranja cv Valencia (*C. sinensis* cv Valencia) y pera cv William's (*P. communis* cv William's) (Figura 3.3). Del total de los Lonchaeidae emergidos se logró la identificación de 40 individuos hasta el nivel de especie, encontrándose *D. frieseni* Norrbom y McAlpine (26 ejemplares emergidos de *C. sinensis* cv Valencia) y *N. pradoi* Strikis y Lerena (12 ejemplares en *P. caerulea*, 1 en *C. sinensis* cv Valencia y el último emergido de *E. uniflora*) (Calvo et al 2017).

- 1 *Citrus clementina* cv Afourer
- 2 *Citrus clementina* cv Clementina
- 3 *Citrus maxima*
- 4 *Citrus medica*
- 5 *Citrus paradisi* cv Duncan
- 6 *Citrus paradisi* cv Star Ruby
- 7 *Citrus reticulata* x *C. sinensis*
- 8 *Citrus sinensis* cv Navel
- 9 *Citrus sinensis* cv Valencia
- 10 *Eriobotrya japonica*
- 11 *Citrus japonica*
- 12 *Prunus persica* cv EarliGrande
- 13 *Prunus persica* cv Pavia Canario
- 14 *Prunus persica*
- 15 *Prunus salicina*
- 16 *Pyrus communis* cv William's
- 17 *Maclura pomifera*
- 18 *Eugenia involucrata*
- 19 *Acanthosyris spinescens*
- 20 *Eugenia uniflora*
- 21 *Acca sellowiana*
- 22 *Butia capitata*
- 23 *Psidium cattleianum* yellow
- 24 *Psidium cattleianum* red
- 25 *Psidium guajava*
- 26 *Myrcianthes pungens*
- 27 *Hexachlamys edulis*
- 28 *Passiflora caerulea*
- 29 *Pouteria gardneriana*

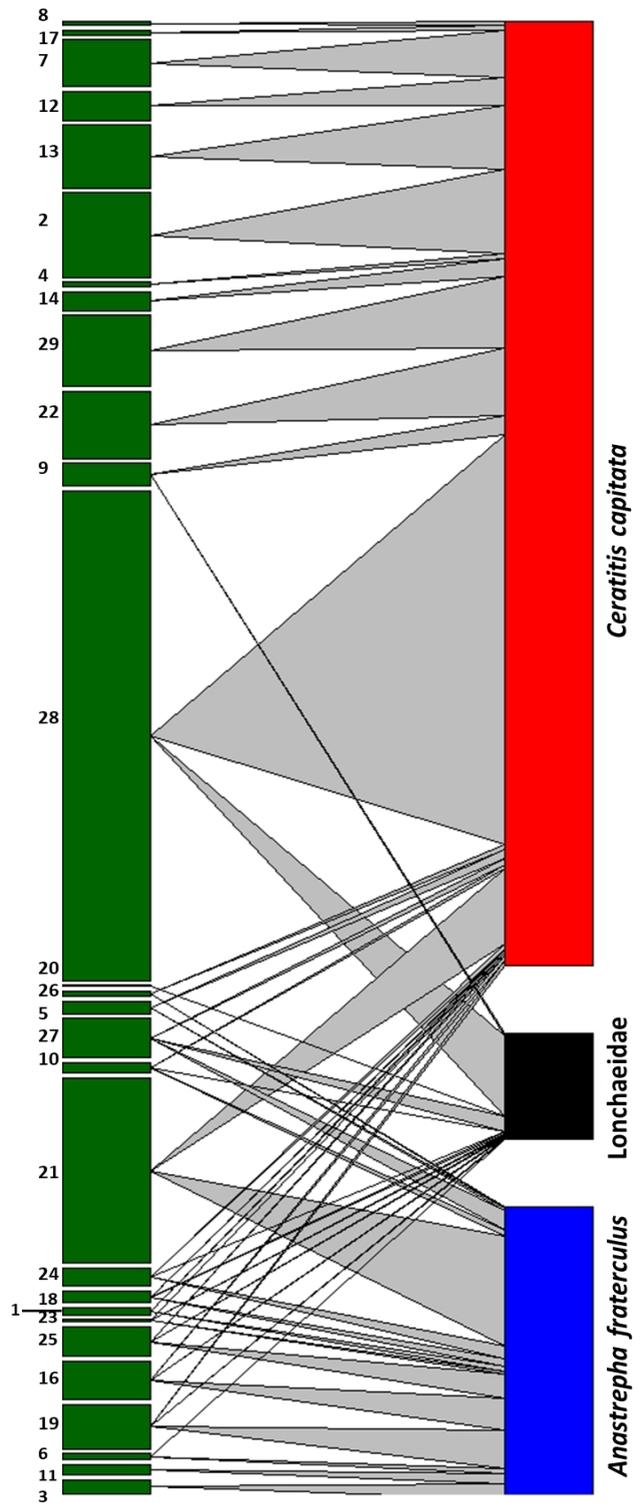


Figura 3.3. Red trófica de las interacciones de los Tephritidae y Lonchaeidae con las plantas hospedantes. A la izquierda las especies hospedantes (con su código numérico por especie hospedante).

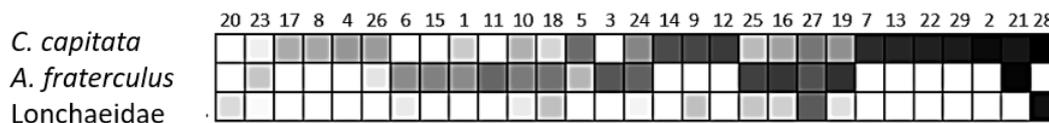


Figura 3.4. Heatmap construido con el índice de infestación de adultos emergidos por número de frutos infestados para cada hospedante. El gradiente de color indica la intensidad de infestación, siendo el color negro el mayor índice y el blanco el valor 0. El código numérico de hospedantes es el utilizado en la Figura 3.

Las familias estudiadas comparten hospedantes para su desarrollo, siendo los más explotados en conjunto los frutos de *H. edulis*. El mayor solapamiento de hospedantes se da entre las dos especies de Tephritidae, siendo *A. sellowiana* el hospedante que mayor infestación presenta por *C. capitata* y *A. fraterculus*. *Passiflora caerulea* es un hospedante altamente utilizado por *C. capitata* y los Loncheidae, seguramente por *N. pradoi* (Figura 3.4). Entre marzo y junio, se observa la mayor diversidad de especies hospedantes disponibles. Los frutos nativos se observan mayoritariamente a fines de verano y otoño, los cítricos mayoritariamente otoño-invierno y frutales de hoja caduca en primavera-verano (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Fechas de colecta (mes) de los frutos infestados, agrupados por hospedantes exóticos (cítricos, de hoja caduca y otros) y hospedantes nativos. El código numérico de hospedantes es el utilizado en la Figura 3.

	Cítricos	Hoja caduca	Otras exóticas	Nativos
E	9	13, 15		
F		13, 16		19, 23, 24
M	8	16	11	21, 22, 23, 24
A			17, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29	
M	1, 2, 5, 6, 8			21, 25
J	6		10	21, 25
J	5, 6		3, 4, 10	
A	6, 8		8, 10	
S	8		10	25
O				
N	7, 9	12, 15		18, 20, 27
D		14		

El parasitismo total fue de un 1%. Se obtuvieron parasitoides pertenecientes a cuatro especies de la familia Braconidae (Cuadro 3.5). El 77% de los parasitoides emergieron del mismo fruto que ejemplares de *A. fraterculus*. Se registraron parasitoides tanto en el sur como en el norte del país en cinco especies vegetales, cuatro corresponden a frutos nativos colectados en áreas silvestres y una especie exótica de importancia económica pero que se encontraba en un área no comercial. *Psidium cattleianum* registró el mayor nivel de emergencia de parasitoides seguido de *A. sellowiana*. El parasitoide con mayor frecuencia fue *Opius bellus* (Gahan) el cual se registró en todo el país en las cinco especies hospedantes.

Cuadro 3.5. Especies de parasitoides y número de ejemplares emergidos de frutos infestados por *Anastrepha fraterculus* según departamento y especie hospedante.

Departamento	Nombre Científico	<i>Opius bellus</i>	<i>Doryctobracon brasiliensis</i>	<i>Doryctobracon areolatus</i>	<i>Utetes anastrephae</i>
Canelones	<i>Pyrus communis</i> cv William's	1	-	-	-
Montevideo	<i>Acca sellowiana</i>	2	3	-	-
Salto	<i>Psidium cattleianum</i> red	16	-	1	3
	<i>Acanthosyris spinescens</i>	2	-	-	-
	<i>Myrcianthes pungens</i>	2	-	-	-

### 3.6. DISCUSIÓN

Las especies de moscas de la fruta emergidas de la colecta de frutos fueron *C. capitata* y *A. fraterculus*, a las que se suman dos especies recientemente registradas para Uruguay como son *N. pradoi* y *D. frieseni* (Calvo et al., 2017) entre otros Lonchaeidae no identificados. En el presente trabajo se registran para el país nuevos hospedantes para las moscas de la fruta. Para *A. fraterculus* y *C. capitata* y ejemplares de Lonchaeidae se establece como nuevo hospedante la especie nativa *A. spinescens* originaria de Uruguay, Argentina y sur de Brasil, presentando altos niveles de infestación para los dos tefrítidos encontrados. Para *C. capitata* además se reportan la especie nativa *P. garderiana*, con una distribución limitada al litoral de Argentina y Uruguay (Sayagués et al., 2000), y la especie exótica *Maclura pomifera*. Entre las especies de importancia económica, se registran también *C. sinensis* cv.

Valencia como hospedante de *N. pradoi* (Calvo et al., 2017) y *C. clementina* cv Afourer para *A. fraterculus*.

Los frutales de la familia Myrtaceae son los principales hospedantes de *A. fraterculus* y presentan además altos niveles de infestación de *C. capitata* (Hernández-Ortiz 2019, García y Norrbom 2011, Segura et al. 2006, Ovruski et al. 2003). Dentro de esta familia varias especies sirven como hospedantes en nuestro país para dos o más especies de moscas de la fruta y pueden jugar un papel clave en el aumento de las poblaciones de moscas. Entre las que registramos altos niveles de infestación se encuentran *A. sellowiana*, *H. edulis*, *P. cattleianum* y *P. guava* hospedantes reportados como importantes para ambos tefrítidos, pero principalmente para *A. fraterculus* en el sur de su distribución (Hernández-Ortiz et al. 2019, García y Norrbom 2011, Segura et al. 2006). Otras familias que presentaron varias especies/cultivares hospedantes fueron las Rutaceae seguidas de las Rosaceae, fundamentalmente en el desarrollo de *C. capitata*. Estas familias también son reportadas como hospedantes claves para esta especie (García y Norrbom 2011, Segura et al. 2006, Ovruski et al. 2003, Uchôa et al. 2003). Ambas familias están integradas en nuestro país por frutales de importancia económica y la determinación de su estatus como hospedantes es muy significativa, dadas las restricciones cuarentenarias de las moscas de la fruta para ciertos mercados internacionales (Aluja y Mangan 2008). Por ejemplo *C. paradisi* es hospedante de *A. fraterculus* en nuestro país, así como en otras partes de la región Neotropical (Hernández-Ortiz et al 2019, Zucchi 2007, Ovruski et al. 2003), en cambio en México no es considerado hospedante (Aluja et al. 2003). Dentro de los frutales de hoja caduca, *P. communis* es una especie que presentó alta infestación de tefrítidos, en cambio de *P. persica* solo emergieron *C. capitata* y en *Malus domestica* no se observó infestación. Sin embargo, estos dos últimos cultivos han sido reportados como hospedantes de ambas especies de tefrítidos (Hernández-Ortiz et al. 2019, Garcia y Norrbom 2011, Segura et al. 2006).

La emergencia de *A. fraterculus* en este estudio fue superior a la de *C. capitata* a diferencia de lo encontrado en las capturas en trampa analizadas en el capítulo anterior y a lo que se observó en Argentina por Ovruski et al. (2003), pero la

asociación con hospedantes y ambientes fue similar a la reportada por estos autores. Las colectas en frutales nativos, fundamentalmente Myrtaceae y en áreas de bajo interés comercial establecen una predominancia de *A. fraterculus*. En Brasil, esta especie presenta valores altos de MTD, no solo en frutos nativos (Myrtaceae y Anacardiaceae) sino también en frutales de hoja caduca como duraznero (Silva-Araujo et al. 2019). Schliserman et al. 2016 sugieren que considerar a *C. capitata* como la especie dominante en América del Sur es un concepto sesgado que depende del muestreo de especies comerciales exóticas (fundamentalmente cítricos) y la importancia cuarentenaria de esta especie. Siendo que las especies de tefrítidos están estrechamente vinculados a determinados hábitats y a la presencia de determinados hospedantes.

*Ceratitis capitata*, presentó una mayor diversidad de especies hospedantes, siendo la especie dominante o la única especie presente en varios frutales introducidos, fundamentalmente en cítricos y durazneros (Rutaceae y Rosaceae) y es una de las plagas que mayor daño causan a nivel nacional. Esta especie se adapta fácilmente a ambientes perturbados como pueden ser las áreas de interés comercial, las ciudades o jardines (Segura et al 2006, Ovruski et al. 2003). En cambio *A. fraterculus*, presenta una estrecha asociación con plantas nativas y las infestaciones ocurridas son mayores en las colectas realizados en ambientes naturales o en los sitios donde predominan sus hospedantes nativos en relación a los introducidos. Esto puede deberse a la larga coexistencia evolutiva que presenta con estas especies frutales. En cambio *C. capitata*, una especie sumamente polífaga y de alta capacidad reproductiva, se desarrolla mejor en frutales exóticos que *A. fraterculus* dado que esta última ha tenido menor contacto con estos hospedantes en su desarrollo evolutivo (Segura et al 2006, Ovruski et al. 2003). En el caso de los Lonchaeidae, tanto la abundancia como el rango de hospedantes fueron menores que para los demás tefrítidos encontrados. Algunos de estos ejemplares emergieron de frutos infestados conjuntamente por otros tefrítidos, pero en otros casos fueron los únicos en emerger de un fruto individual. Por lo tanto, los Lonchaeidae, deben considerarse como especies de importancia económica y como invasoras primarias, pues son capaces de atacar

frutos independientemente del ataque previo por otros tefrítidos (Calvo et al. 2017, Uchôa 2012).

En relación a los tefrítidos, aunque hemos reportado frutos infestados con ambas especies, la infestación por una única especie se observa más frecuentemente, lo que concuerda con los datos de otros autores (Segura et al 2006, Ovruski et al. 2003). Como se mencionó con anterioridad *C. capitata* se desarrolla mayoritariamente a frutos exóticos, pero para esta última especie los frutos nativos también resultaron ser un recurso apto para la especie. Al analizar las fechas de maduración de los frutos con los ambientes donde se realizaron las colectas, se puede observar que algunas especies nativas como *A. sellowiana* están en áreas cercanas a la zona productiva, en donde el inicio de la infestación se da por *A. fraterculus* y posteriormente por *C. capitata*. La mosca del Mediterráneo se desplaza, luego de la cosecha de los frutos de hoja caduca y comienza a utilizar los frutos nativos como recurso, para luego pasar a los cítricos. Ambas especies tienen hospedantes disponibles a lo largo de todo el año para lograr un desarrollo ininterrumpido. En áreas donde ambas especies coexisten puede darse alguna forma de competencia por el recurso (Segura et al. 2006, Duyck et al. 2004). Duyck et al. (2004) establecieron dos modelos de competencia, uno la competencia jerárquica, en el cual una especie es dominante y excluye a la otra, o uno de coexistencia estable en el que ocurre o una diferenciación de nichos, o una compensación entre colonización y competencia. Estos autores establecieron un diagrama de vínculos entre diferentes tefrítidos polífagos, sugiriendo que *A. fraterculus* puede ser desplazada competitivamente por la especie invasora *C. capitata*, aunque debido al corto período evolutivo en que estas dos especies han coexistido puede ser que los mecanismos que determinen o estabilicen esta competencia aún no se hayan establecido (Segura et al. 2006, Duyck et al. 2004, Sivinski et al. 2004). Nuestros datos sugieren que varios de estos factores pueden estar interactuando. Por un lado, *A. fraterculus*, si bien puede colonizar algunos frutales de hoja caduca, en ambientes comerciales puede no adaptarse bien y que ocurra una exclusión competitiva por *C. capitata*, así mismo puede darse una diferenciación de nichos entre áreas nativas y áreas de uso comercial para cada especie. Por otro lado, considerando ciertos recursos de hospedantes nativos como *A.*

*sellowiana*, puede estar dándose una compensación, siendo que *A. fraterculus* logra colonizar y establecerse primero en el recurso y luego *C. capitata* compite por él estableciéndose una compensación entre ambos. Mayores estudios sobre competencia entre estas especies y los factores limitantes (especies disponibles, abundancia y calidad de frutos, y alternancia de hospedantes presente) deben de llevarse a cabo, considerando la interacción entre el ambiente y los recursos de hospedantes disponibles (Duyck et al., 2004).

Al considerar estrategias de control en áreas amplias para el manejo de estas especies de tefrítidos es importante tener presente la interacción existente entre hospedantes disponibles y ambiente, así como la abundancia de cada especie considerando las que pueden coexistir en determinados hábitats. El trapeo masivo es una de las herramientas más utilizadas en nuestro país, por lo cual debe tenerse en cuenta atrayentes alimenticios que sean eficientes para ambas especies (Delgado, 2020). Otra de las medidas a utilizar es la Técnica de Insecto Estéril para el manejo de *C. capitata*, para lo cual se han realizado estudios preliminares en el país (Duarte et al., 2020). Para su implementación hay que tener presente la abundancia de *A. fraterculus* en los ambientes donde se realicen las liberaciones ya que, al suprimir la población de la mosca del Mediterráneo, habiendo hospedantes susceptibles y ambiente adecuado sin competencia por los recursos, las poblaciones de *A. fraterculus* pueden aumentar causando altas infestaciones en determinados cultivos. Otro factor que puede afectar diferencialmente la coexistencia de diversas especies de tefrítidos es la presencia de parasitoides. Sin embargo, en la mayoría de los casos su impacto sobre estas poblaciones parece bastante limitado, con la excepción de unas pocas especies de ovo-pupas (Garcia et al., 2020). En nuestro estudio el parasitismo observado fue bajo y únicamente se encontraron parasitoides en ambientes naturales desarrollándose sobre *A. fraterculus*. Si bien este es el primer trabajo donde se hace una prospección de parasitoides y se identificaron 4 especies de braconidos nuevas para el país, *O. bellus*, *U. anastrephae*, *D. areolatus* y *D. brasiliensis*, estas son especies comunes en la región (Garcia et al. 2020, Garcia 2009, Garcia y Corseuil 2004, Malavasi et al. 2000). Son parasitoides solitarios y coinobiontes larva-pupal. En Argentina y Brasil el parasitismo es mucho más alto y

la especie más abundante es *D. areolatus* mientras que la menos abundante si está presente es *O. bellus* (Ovruski et al. 2004, 2003, Uchôa et al. 2003) a diferencia de lo que ocurre en Uruguay. A pesar de los bajos números de parasitoides encontrados, *O. bellus* fue el más abundante y el que se encuentra distribuido en todo el país. Otra diferencia es que el mayor parasitismo encontrado fue en frutales exóticos, mientras que en nuestras condiciones se da en frutales nativos en áreas naturales. La aparente dificultad de estas especies en parasitar a *C. capitata* (Ovruski et al. 2004, Canal y Zucchi 2000) podría estar dada por la dificultad de reconocer los volátiles emitidos por los diferentes frutales atacados por este tefrítido, fundamentalmente exóticos o preferir los infestados por *A. fraterculus* (Silva et al. 2007, Eben et al. 2000). Dado el bajo número de parasitoides colectados, se necesitan más estudios sobre su papel en la regulación de las poblaciones de tefrítidos en nuestro país. Aunque el parasitismo es muy bajo, se sugiere una estrategia de conservación de enemigos naturales para mitigar el desarrollo de *A. fraterculus* en zonas donde existen remanentes de vegetación nativa adyacentes a los frutales cultivados (Ovruski et al., 2004).

### 3.6 BIBLIOGRAFÍA

- Aluja M, Mangan RL. 2008. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological and regulatory considerations. *Annual Review of Entomology*, 53: 473 - 502. doi: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093350.
- Aluja M, Pérez-Staples D, Macías-Ordóñez R, Piñero J, McPherson B. 2003. Nonhost status of *Citrus sinensis* cultivar Valencia and *C. paradisi* cultivar Ruby Red to Mexican *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economical Entomology*, 96: 1693 - 1703.
- Araújo E, Zucchi RA. 2003. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em goiaba (*Psidium guajava* L.), em Mossoró, RN. *Arquivos do Instituto Biológico*. 70(1): 73 - 77.
- Bentancourt C, Scatoni I. 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. Montevideo: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 582 p.
- Calvo MV, Delgado S, Scatoni I B, Mello Garcia FR. 2017. First report of *Neosilba pradoi* and *Dasiops frieseni* (Diptera, Lonchaeidae) in cultivated and wild hosts in Uruguay. *Florida Entomologist*, 100(4): 831 - 832. doi: 10.1653/024.100.0427.
- Canal NA, Zucchi RA. 2000. Parasitóides - Braconidae. En: Malavasi A, Zucchi R (Eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Editora Holos. 169 - 173.
- Canal NA, Zucchi RA, Da Silva NM, Leonel F. 1994. Reconocimiento de las especies de parasitoides (Hym.: Braconidae) de moscas de las frutas (Dip.: Tephritidae) en dos municipios del Estado de Amazonas, Brasil. *Boletim del Museu Entomologico de la Universidad del Valle*, 2(1/2): 1 - 17.
- Delgado S. 2020. Eficiencia y selectividad de atrayentes alimenticios para monitoreo y control de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en Uruguay. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.

- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Cuadroda M and Robledo CW. 2020. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Consultado el 12 de Diciembre de 2019. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- Duarte F, Calvo MV, Delgado S, Bartolucci A, Asfennato A, Borges A, Scatoni I, García FM. 2020. Release-recapture test of dispersal and survival of sterile males of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Neotropical Entomology*, 49(6): 893 - 900. doi: 10.1007/s13744-020-00801-x.
- Duyck PF, David P, Quilici S. 2004. A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecological Entomology*, 29: 511 - 520.
- Eben A, Benrey B, Sivinski J, Aluja M. 2000. Host Species and Host Plant Effects on Preference and Performance of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, 29(1): 87 - 94.
- Ekesi S, Maniania N, Mohamed S, Lux S. 2005. Effect of soil application of different formulations of *Metarhizium anisopliae* on African tephritid fruit flies and their associated endoparasitoids. *Biological Control*, 35: 83 - 91.
- Garcia FRM, Ovruski SM, Suárez L, Cancino J, Liburd OE. 2020. Biological control of Tephritid fruit flies in the Americas and Hawaii: A Review of the use of parasitoids and predators. *Insects*, 11(10): 662 - 696. doi: 10.3390/insects11100662.
- Garcia, FRM, Brida AL, Martins LN, Abeijon LM, Lutinski CJ. 2017. Biological control of fruit flies of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae): Current status and perspectives. En: Davenport L. (Ed.). *Biological control: methods, applications and challenges*. Hauppauge: Nova Science Publishers. 29 - 71.
- Garcia FRM, Norrbom AL. 2011. Tephritoid flies (Diptera, Tephritoidea) and their plant hosts from the state of Santa Catarina in southern Brazil. *Florida Entomologist*, 94 (2): 151 - 157.
- Garcia FRM. 2009. Fruit fly: biological and ecological aspects. En: Bandeira, RR. (Ed.). *Current trends in fruit flies control on perennial crops and research prospects*. Kerala: Transworld Research Network. 1 - 35.

- Garcia FRM, Corseuil E. 2004. Native hymenopteran parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritoidea) in Santa Catarina state, Brazil. *Florida Entomologist*, 87(4): 517 - 521.
- Hernández-Ortiz V, Barradas-Juanz N, Díaz-Castelazo C. 2019. A review of the natural host plants of the *Anastrepha fraterculus* complex in the Americas. En: Pérez-Staples D, Diaz-Fleischer F, Montoya P and Vera MT (Eds.). *Area-wide management of fruit fly pests*. Boca Ratón: CRC Press, 89 - 122.
- Hernández-Ortiz V, Canal NA, Tigrero JO, Ruíz-Hurtado FM, Dzúl-Cauich JF. 2015. Taxonomy and phenotypic relationships of the *Anastrepha fraterculus* complex in the Mesoamerican and Pacific Neotropical dominions (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys*, 540: 95 - 124.
- Hernández-Ortiz V, Bartolucci AF, Morales-Valles P; Frías D, Selivon, D. 2012. Cryptic species of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae): a multivariate approach for the recognition of South American morphotypes. *Annals of the Entomological Society of America*, 105(2): 305 - 318.
- Lanzavecchia S. 2004. *Ceratitis capitata*: Pest typification in Argentina. Tesis Doctoral. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 127 p.
- Malavasi A, Zucchi R, Sugayama R. 2000. Biogeografía. En: Malavasi A, Zucchi R (Eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Editora Holos. 93 - 98.
- Matrangolo WJR, Nascimento AS, Carvalho RS, Melo ED, Jesus M. 1998. Parasitóides de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associados a frutíferas tropicais. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27(4): 593 - 603.
- Nicácio J, Uchôa MA. 2011. Diversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) and their relationship with host plants (Angiospermae) in environments of South Pantanal region, Brazil. *Florida Entomologist* 94: 443 - 466.
- Norrbom AL, Korytkowski CA, Zucchi RA, Uramoto K, Venable GL, McCormick J, Dallwitz MJ. 2012. *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys. Claves taxonómicas interactivas [En línea]. Consultado

20 de Mayo de 2020. Disponible en: <https://www.delta-intkey.com/anatox/index.htm>

- Ovruski S, Schliserman P, Aluja M. 2004. Indigenous parasitoids (Hymenoptera) attacking *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in native and exotic host plants in Northwestern Argentina. *Biological Control*, 29: 43 - 57.
- Ovruski S, Schliserman P, Aluja M. 2003. Native and introduced host plant of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en northwestern Argentina. *Journal of Economic Entomology*, 96: 1108-1118.
- Sayagués L, Graf E, Delfino L. 2000. Análisis de la información publicada sobre composición florística de montes naturales del Uruguay. *Agrociencias*, 4(1): 96 - 110.
- Schliserman P, Aluja M, Rull J, Ovruski SM. 2016. Temporal diversity and abundance patterns of parasitoids of fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in the Argentinean Yungas: implications for biological control. *Environmental Entomology*, 45: 1184 - 1198.
- Segura D, Vera T, Cagnotti C, Vaccaro N, De Coll O, Ovruski S, Cladera J. 2006. Relative abundance of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in diverse host species and localities of Argentina. *Annals of the Entomological Society of America*, 99: 70 - 83.
- Segura D, Vera T, Cladera J. 2004. Fluctuación estacional en la infestación de diversos hospedadores por la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), en la provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral*, 14: 3 - 17.
- Silva-Araujo E, Ribeira-Paiva L, Geraldo-Alves S, Bevacqua D, Nava D, Lavigne, García, FRM. 2019. Phenological asynchrony between the fruit fly *Anastrepha fraterculus* and early maturing peach cultivars could contribute to pesticide use reduction. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(1): e1001. doi: 10.5424/sjar/2019171-13294
- Silva RA, Xavier SLO, Souza Filho MF, Silva WR, Nascimento DB, Deus EG. 2007. Frutíferas hospedeiras e parasitóides (Hym., Braconidae) de

- Anastrepha* spp. (Dip., Tephritidae) na Ilha de Santana, Estado do Amapá, Brasil. Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo, 74: 153 - 156.
- Sivinski, J., M. Aluja, J. Piñero, and M. Ojeda. 2004. Novel analysis of spatial and temporal patterns of resource use in a group of tephritid flies of the genus *Anastrepha*. Annals of the Entomological Society of America. 97: 504 - 512.
- Strikis PC, Lerena MLM. 2009. A new species of *Neosilba* (Diptera Lonchaeidae) from Brazil. Iheringia, Serie Zoologica, 99: 273 - 275.
- Strikis PC. Prado AP. 2005. A new species of the genus *Neosilba* (Diptera: Lonchaeidae). Zootaxa, 828: 1 - 4.
- Uchôa M, Oliveira I, Molina RMS, Zucchi RA. 2003. Biodiversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritoidea) captured in Citrus groves in Mato Grosso do Sul, Brazil. Neotropical Entomology, 32: 239 - 246.
- Vayssières JF, Korie S, Ayegnon D. 2009. Correlation of fruit fly (Diptera Tephritidae) infestation of mango cultivares in Borgou (Benin) with abiotic and biotic factors and assessment of damage. Crop Protection, 28: 477 - 488.
- Zucchi RA. 2007. Diversidad, distribución y hospedantes del género *Anastrepha* en Brasil. En: Hernández-Ortiz V. (Ed.). Moscas de la fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae); diversidad, biología y manejo. México: S y G editores. 77 - 100.

## **5. DISCUSIÓN GENERAL, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

### **5.1. DISCUSIÓN GENERAL**

La información generada en esta tesis de doctorado amplía el conocimiento sobre la bioecología de *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*, dos de las principales moscas de la fruta que causan daño a la producción frutícola mundial y regional (FAO-IAEA 2018, Cohen et al. 2008, Hendrichs 1996). A pesar de su importancia económica a nivel nacional, a nivel científico no se habían realizado estudios sobre las especies de moscas de la fruta presentes en el país, ni la diversidad de hospedantes para cada especie, factores que determinan en parte su abundancia en distintos ecosistemas. Generar información nacional sobre las interacciones tróficas entre moscas de la fruta, sus hospedantes y parasitoides, así como conocer las interacciones químicas que las median, contribuye al desarrollo e implementación de técnicas alternativas de control. Todos estos conocimientos aportan información para el establecimiento de programas de manejo que son altamente demandados por el sector productivo.

Las especies de tefrítidos capturadas en trampas Mc Phail fueron *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*, dos especies de gran importancia económica, y otras 4 especies que son nuevos registros para Uruguay, *Anastrepha dissimilis*, *Anastrepha littoralis*, *Anastrepha nigra* y *Anastrepha australis*. Por otro lado, en el muestreo de frutos emergieron mayoritariamente *C. capitata* y *A. fraterculus*, a las que se suman dos especies de Lonchaeidae que son los primeros reportes para el país, *Neosilba pradoi* y *Diasiopos frieseni* (Calvo et al., 2017). Las especies más abundantes capturadas en trampas y en la emergencia de frutos fueron *C. capitata* y *A. fraterculus*.

La diversidad de moscas de la fruta observada en el país es baja, la riqueza de especies de tefrítidos es menor a la reportada en los países de la región, ya que para Argentina están citadas más de 40 especies y en Brasil más de 200 especies. La diversidad de tefrítidos tiende a disminuir hacia latitudes mayores (Malvasi y Zucchi 2000, Garcia y Corseuil 1998, Lobos 1997), siendo la diversidad encontrada

en este estudio comparable a la de la provincia de Buenos Aires, ubicada a latitudes similares a la de nuestro estudio (Lobos, 1997). Por otro lado, las composiciones de especies vegetales presentes en los ecosistemas naturales y agroecosistemas también son factores que influyen en la diversidad y abundancia de las especies encontradas. En ambientes naturales las comunidades a menudo están formadas por muchas especies vegetales, en cambio los establecimientos productivos tienden a ser más homogéneos en su composición vegetal. Estos agroecosistemas presentan una complejidad reducida que favorecen el desarrollo de altas poblaciones de moscas de la fruta, pero distribuidas entre pocas especies dominantes (Bomfim et al., 2007), lo que se refleja en la baja equitatividad de moscas capturadas en los diferentes sitios estudiados. La mayor diversidad de tefrítidos capturados se encuentra en la localidad de Melilla, probablemente porque se concentran áreas intensamente productivas y diversas de la fruticultura en nuestro país.

En los agroecosistemas comerciales estudiados, así como en la mayoría de los hospedantes donde fueron colocadas trampas para monitoreo, se observó que *C. capitata* es una especie dominante. Esta especie de tefrítido se adapta y se desarrolla muy bien en ambientes perturbados como los predios productivos, donde la vegetación nativa ha sido reemplazada por plantas exóticas (Ovruski et al., 2003). En cambio, *A. fraterculus* es una especie no dominante en los cultivos comerciales, y en algunas áreas las capturas en trampas fueron muy bajas o inexistentes. Esta especie se adapta mejor a ecosistemas poco perturbados (Ovruski et al., 2003), característica que se cumple en La Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en San Antonio (Salto), donde se encuentra una gran diversidad de frutales, muchos de los cuales son de escaso interés comercial. En las localidades de Las Brujas y Cerrillos también se registraron capturas de esta especie, probablemente por su proximidad a un área protegida de humedales que se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (S.N.A.P.).

En lo que respecta a la emergencia de tefrítidos en los frutos colectados, la de *A. fraterculus* fue superior a la de *C. capitata*, a diferencia de lo observado en las capturas en trampas y a lo reportado en Argentina por Ovruski et al. (2003), donde *C. capitata* es más abundante que *A. fraterculus*. La asociación de los tefrítidos con los

diversos hospedantes y ambientes, sin embargo, fue similar a lo observado en las capturas en trampa y a la reportada por estos autores. En las colectas de frutos realizadas en frutales nativos, fundamentalmente Myrtaceae en áreas de bajo interés comercial, se establece una predominancia de *A. fraterculus*. Las infestaciones ocurridas por esta especie son mayores en los frutos colectados en ambientes naturales y en áreas donde existen remanentes de vegetación nativa, o en los sitios donde predominan sus hospedantes nativos en relación a los introducidos. Esto puede deberse a la larga coexistencia evolutiva que presenta con estas especies frutales. En cambio, *C. capitata*, presentó una mayor diversidad de especies hospedantes, siendo el tefrítido dominante o la única especie presente en varios frutos colectados de especies introducidas, fundamentalmente en los pertenecientes a Rutaceae y Rosaceae. Esta especie de mosca de la fruta se adapta fácilmente a ambientes perturbados como pueden ser las áreas productivas, las ciudades o jardines (Segura et al. 2006, Ovruski et al. 2003).

La diferencia en la abundancia y dominancia de *C. capitata* y *A. fraterculus* observadas entre las capturas en trampas y emergencia de frutos puede estar vinculada a diferentes factores. Por un lado, *C. capitata* es una especie muy buena como competidora frente a otros tefrítidos, especialmente con especies del género *Anastrepha*. Esto puede deberse a un desplazamiento competitivo observado entre especies muy relacionadas, y a menudo en relación con fenómenos de invasión en los que una especie exótica desplaza a una nativa (Duyck et al., 2004). Por otro lado, debemos considerar que *A. fraterculus* presenta una larga coevolución con las especies nativas, lo que permite establecer su dominancia en ambientes naturales. Su asociación con frutales introducidos, por otro lado, es de menor tiempo, lo que explica su menor rango de hospedantes exóticos y la baja infestación observada. Los datos de emergencia en frutos sugieren que, si bien *A. fraterculus* puede colonizar algunos frutales de hoja caduca, en ambientes comerciales puede no adaptarse bien y que ocurra una exclusión competitiva por *C. capitata*. Así mismo, puede darse una diferenciación de nichos entre áreas nativas y áreas de uso comercial para cada especie. Schliserman et al. (2016) sugieren que considerar a *C. capitata* como la especie dominante en América del Sur es un concepto sesgado que depende del

muestreo de especies de interés comercial de origen exótico (fundamentalmente cítricos) y la importancia cuarentenaria de esta especie. Enfatizando que ambas especies están estrechamente vinculadas a determinados tipos de hábitats y a la presencia de determinados hospedantes.

La distribución espacial y el movimiento de las poblaciones de estas especies de moscas de la fruta determinaron que las poblaciones se inician en pequeños focos que luego se generalizan, intensificándose las capturas en determinados hospedantes por los que parecen tener preferencia. Sciarretta y Trematerra (2011) estudiaron la distribución espacial de *C. capitata* y observaron que las primeras capturas fueron detectadas dentro de los huertos y tendieron a tener una baja tasa de dispersión a los alrededores, observándose una agregación en hospedantes con frutas disponibles. Las altas capturas luego de la cosecha sugieren que los insectos permanecen en los frutos atacados bajo la forma de larvas, o como pupas en el suelo por largos períodos, especialmente cuando las temperaturas son menores. Además, en la colecta de frutos se observó que un alto porcentaje de pupas se encontraban en frutos colectados del suelo. Considerando esto, se recomienda que la cosecha se de en el momento de maduración óptima, evitando dejar frutos sobremaduros en la planta o en el suelo, los cuales pueden ser sustrato para la culminación del desarrollo de estos tefrítidos. Para el manejo de estas especies, este tipo de análisis de movimientos entre hospedantes y frutos disponibles es fundamental para la toma de decisiones ya que permite conocer cuándo y por donde comenzar a aplicar tácticas de control.

Determinar cuáles son los hospedantes de las especies de moscas de la fruta no solo es fundamental para los manejos de las poblaciones, sino también por las restricciones cuarentenarias que las moscas de la fruta presentan para ciertos mercados internacionales (Aluja y Mangan, 2008). En el presente trabajo se registran para el país nuevos hospedantes para las moscas de la fruta. Para *A. fraterculus* y *C. capitata* y ejemplares de Lonchaeidae, se establece como nuevo hospedante la especie nativa *Acanthosyris spinescens* que presentó altos niveles de infestación para los dos tefrítidos de importancia económica. Para *C. capitata* además se reportan la especie nativa *Pouteria garderiana* y la especie exótica *Maclura pomifera*. Entre los frutales de importancia económica, se registran también *Citrus sinensis* cv. Valencia

como hospedante de *N. pradoi* (Calvo et al., 2017) y *Citrus clementina* cv Afourer para *A. fraterculus*.

Los frutales de la familia Myrtaceae son los principales hospedantes de *A. fraterculus* y presentan además altos niveles de infestación de *C. capitata* (Hernández-Ortiz 2019, García y Norrbom 2011, Segura et al. 2006, Ovruski et al. 2003). Dentro de esta familia, varias especies sirven como hospedantes para dos o más especies de moscas de la fruta y pueden jugar un papel clave en el aumento de las poblaciones de moscas. Entre las que presentan altos niveles de infestación, principalmente para *A. fraterculus*, se encuentran *Acca sellowiana*, *Hexachlamys edulis*, *Psidium cattleianum* y *Psidium guava*, hospedantes ya mencionados en la región en diversos trabajos (Hernández-Ortiz et al. 2019, García y Norrbom 2011, Segura et al. 2006). Para *A. fraterculus* se registraron las capturas mayores en *A. sellowiana*, ambas especies nativas que han co-evolucionado, por lo que las poblaciones de esta mosca pueden desarrollarse mejor en presencia de este hospedante. Esta asociación entre *A. fraterculus* y *A. sellowiana* ha sido observada en la región, donde las altas capturas de la mosca se asocian a la disponibilidad de frutos de guayabo del país (Silva-Araujo et al. 2019, Machado et al. 2018). Las capturas de *C. capitata* en *A. sellowiana* también fueron altas, pero comenzaron a aumentar luego que los frutales de hoja caduca fueron cosechados, mientras que las de *A. fraterculus* estuvieron estrechamente relacionadas durante todo el período de fructificación en todos los sitios.

Entre las especies/cultivares de interés comercial se encontraron hospedantes de la familia Rutaceae seguidas de las Rosaceae, donde fundamentalmente se encontraron frutos infestados por *C. capitata* (García y Norrbom 2011, Segura et al. 2006, Ovruski 2003, Uchôa et al. 2003). Con las capturas se observó algo similar, ya que en todos los sitios de estudio se observaron las mayores capturas de *C. capitata* asociadas a cítricos, y con el transcurso del tiempo el foco se fue extendiendo a las trampas colocadas en hospedantes de interés comercial linderos. Estos focos pueden estar vinculados no solo a la especie hospedante, sino también a la secuencia de maduración y disponibilidad de frutos en el árbol o en el suelo que determinen cambios en la distribución espacial (Sciarretta y Trematerra, 2011). Los cítricos

juegan un rol importante en los niveles poblacionales de *C. capitata*, no solo por proveer un refugio invernal para el desarrollo, sino que en nuestras condiciones actúan como hospedantes claves (excepto limón) (Segura et al. 2006, Ovruski et al. 2003, Aguiar-Menezes y Menezes 2000). Pocas de las especies de estas familias representan hospedantes para *A. fraterculus*. Entre los cítricos encontramos a *C. paradisi*, hospedante reportado en la mayor parte de la región Neotropical (Hernández-Ortiz et al. 2019, Ovruski et al. 2003) excepto en México (Aluja et al. 2003). Dentro de los frutales de hoja caduca, *Pyrus communis* es una especie que presentó alta infestación de tefrítidos, en cambio de *Prunus persica* solo emergieron *C. capitata* y en *Malus domestica* no se observó infestación. Sin embargo, estos dos últimos han sido reportados como hospedantes de ambas especies de tefrítidos (Hernández-Ortiz et al. 2019, Silva-Araujo et al. 2019, Garcia y Norrbom 2011, Segura et al. 2006). Si bien no se encontraron frutos infestados en este estudio, sí se observaron capturas de *C. capitata* asociadas a manzanos y de *A. fraterculus* a durazneros.

En lo que respecta a la fluctuación poblacional y abundancia de estas especies, se observó que los vuelos de ambas especies se anticipan unos dos meses en el norte del país con respecto al sur, *A. fraterculus* se da con mayor frecuencia en primavera, al final del verano y principios del otoño, y *C. capitata* en verano-otoño. Silva-Araujo et al. (2019) observaron que en Rio Grande del Sur las mayores capturas de *A. fraterculus* en duraznero ocurrieron a partir de noviembre, donde se registró un rango de temperaturas más favorable y la presencia simultánea de frutos maduros de diferentes hospedantes como *P. cattleianum* y *Eugenia uniflora*. El aumento de las poblaciones de *A. fraterculus* hacia el otoño coincide con el periodo de maduración de *A. sellowiana*. El mismo fenómeno fue observado en Santa Catarina (Brasil), donde las poblaciones de *A. fraterculus* aumentaron durante el momento de disponibilidad de frutos de *A. sellowiana*, pudiendo ser considerado uno de los frutales clave en el desarrollo de las poblaciones de esta especie (Machado et al. 2018). Estos frutales nativos no cultivados se consideran multiplicadores de *A. fraterculus* y, por lo tanto, son fuentes de infestación a cultivos cercanos (Bisognin et al. 2015, Ovruski et al. 2003). Para ambas especies de moscas de la fruta estas

fluctuaciones coinciden con la maduración de los hospedantes más relevantes para cada especie.

Cuando se analizan las condiciones climáticas que precedieron a cada uno de los momentos de aparición de las moscas, se encuentran dos parámetros que podrían estar explicando parte de su abundancia, las temperaturas y las precipitaciones. Las temperaturas medias permitieron explicar el número de generaciones por año para cada zona a través del cálculo de grados-día, así como las diferencias en los momentos de aparición de estas especies entre sitios. Las temperaturas mínimas promedio registradas en los meses de invierno permitieron que los vuelos no se interrumpieran en el norte y sí en el sur del país, pero en ambas zonas la rigurosidad del invierno afecta el momento de aparición de los tefrítidos, así como su abundancia en la primavera siguiente en diferentes años. Inviernos más fríos, caracterizados por un mayor número de días por debajo del umbral de desarrollo de estos insectos, o con muchos días con temperaturas por debajo de cero grados o con heladas, retrasaron la aparición de los tefrítidos en primavera, especialmente *C. capitata*. Así como las bajas temperaturas pueden considerarse un factor de mortalidad para estos insectos que no presentan diapausa invernal, las precipitaciones copiosas y especialmente la acumulación de agua en el suelo suelen ser letales para muchos insectos como los que aquí nos ocupan, que desarrollan parte de su ciclo en el suelo. La información climática de las diferentes zonas es fácil de obtener, y su monitoreo permitiría pronosticar si se está ante una situación favorable para el desarrollo de las moscas de la fruta.

Otro factor que puede afectar diferencialmente la coexistencia de diversas especies de tefrítidos es la presencia de parasitoides. Sin embargo, en la mayoría de los casos su impacto sobre estas poblaciones parece bastante limitado (García et al., 2020). En nuestro estudio el parasitismo observado fue bajo y únicamente se encontraron parasitoides en ambientes naturales desarrollándose sobre *A. fraterculus*. Este es el primer trabajo donde se hace una prospección de parasitoides de las moscas de la fruta en Uruguay, y se identificaron 4 especies de braconidos nuevas para el país, *Opius bellus*, *Utetes anastrephae*, *Doryctobracon areolatus* y *Doryctobracon*

*brasiliensis*. Estas especies son comunes en la región y están asociadas también a áreas naturales (García et al. 2020, García y Ricalde 2013, Malavasi y Zucchi 2000). Aunque el parasitismo es muy bajo, se sugiere una estrategia de conservación de enemigos naturales, para mitigar el desarrollo de *A. fraterculus* en zonas donde existen remanentes de vegetación nativa adyacentes a los frutales cultivados (Ovruski et al., 2004).

Del relevamiento de hospedantes y capturas en trampas realizado se desprende la importancia de *A. sellowiana* en el desarrollo de las poblaciones de *A. fraterculus*. Este hospedante y *P. cattleianum* son especies que han cobrado un interés para su desarrollo a nivel comercial en nuestro país (Cabrera et al., 2018). Considerando que los aleloquímicos juegan un papel en la comunicación entre especies, reflejando principalmente la historia coevolutiva entre plantas e insectos (Quilici et al., 2014), identificar los volátiles que median la comunicación entre estos sistemas nativos podría ayudar al manejo de *A. fraterculus*. El perfil de volátiles de frutos de *A. sellowiana* y *P. cattleianum* cambia a lo largo del proceso de maduración. Los principales compuestos volátiles orgánicos (VOCs) de los frutos inmaduros de ambos hospedantes son terpenos, mientras que para los frutos maduros son principalmente ésteres. Estos resultados van en línea con Macku y Jennings (1987), quienes propusieron como patrón general que la composición y concentración de volátiles varía según el estado fenológico de los frutos, predominando diferentes tipos de sustancias en cada fase de maduración. Los frutos verdes tienen una mayor cantidad de terpenos y los frutos maduros tienen una mayor concentración de ésteres (Janzantti y Monteiro, 2014).

En los bioensayos de comportamiento se observa que las hembras apareadas de *A. fraterculus* son atraídas por los volátiles de frutos maduros e inmaduros de *A. sellowiana* y *P. cattleianum*. Los olores de los frutos posiblemente atraen a las hembras apareadas en su búsqueda de frutos sobre los cuales oviponer (Prokopy y Papaj, 2000). Generalmente, la mayoría de las moscas de la fruta prefieren los frutos maduros a los verdes (Cruz-López et al., 2006), como fue el caso de *P. cattleianum*, pero no se observó preferencia por ningún estadio de desarrollo en *A. sellowiana*. Si

consideramos la alternancia de hospedantes, la relación planta-mosca de la fruta y la competencia entre ambas especies de moscas, el hecho de que *A. fraterculus* pueda reconocer un hospedante no maduro como frutos de *A. sellowiana* y *P. cattleianum*, podría implicar una adaptación ecológica. De este modo, podrían colonizar primero el recurso para oviponer y competir mejor contra *C. capitata*, que es una especie altamente invasiva (Duyck et al., 2004). De Oliveira et al. (2014) estudiaron la infestación de *Psidium guava* y encontraron que todas las etapas de maduración de las variedades estudiadas estaban hasta cierto punto infestadas, y fueron atractivas para *A. fraterculus*. Los autores sugirieron que un insecto polífago con alta flexibilidad de comportamiento puede tener más posibilidades de adaptarse a nuevas condiciones si mantiene una gran cantidad de hospedantes donde desarrollarse.

Varios compuestos volátiles de los frutos de *A. sellowiana* y *P. cattleianum*, elicitaban una respuesta en las antenas de *A. fraterculus* y son compuestos presentes en otras especies frutales. La redundancia en los compuestos volátiles de frutales puede conferir una ventaja para especies polípagas, ya que le permiten reconocer a un rango amplio de hospedantes (Biasazin et al., 2018). Entre estos compuestos se encuentran el butanoato de etilo, hexanoato de etilo, butanoato de (Z)-3-hexenilo, octanoato de etilo y (Z)-3-hexenol, compuestos presentes en varios hospedantes y que también fueron atractivos para otras especies de importancia económica del género como *A. ludens* y *A. striata* (El Hadi et al. 2013, Malo et al. 2012). Estos ésteres están presentes en ambas especies de frutos analizados, excepto (Z)-3-hexenol que solo está presente en *A. sellowiana* inmadura. Otros compuestos compartidos con otras familias de plantas son el hexanoato de etilo y el octanoato de etilo, que también fueron activos para *A. ludens*. Estos volátiles utilizados en una mezcla con otros compuestos demostraron ser más atractivos que la levadura torula en experimentos controlados en invernadero. En *Citrus aurantium*, la mezcla compuesta principalmente de terpenos también resultó atractiva para *A. ludens* (Rasgado et al. 2009). El linalol y el éster salicilato de metilo también fueron VOCs activos en *P. cattleianum* inmaduro para *A. fraterculus*. Sin embargo, el limoneno presente en *P. cattleianum* inmaduro, y el  $\beta$ -pineno presente en ambas especies de frutos inmaduros, no muestran respuesta antenal para *A. fraterculus*.

Otras moscas de la fruta de importancia económica también presentan sensibilidad en las antenas a algunos de los compuestos antes mencionados (Quilici et al., 2014), fundamentalmente a ésteres volátiles, lo que sugiere que ciertos receptores pueden haber sido seleccionados para asegurar una amplia detectabilidad de frutos y superar períodos en los que los frutos preferidos son escasos. Los ésteres volátiles compartidos por diversas especies frutales podrían ser la clave en los tefrítidos para mantener una amplia gama de frutos hospedantes, y servir como puentes pre adaptativos para estas especies polífagas (Cunningham et al., 2016).

Para *A. fraterculus* los estudios en jaulas de campo fueron un primer paso para encontrar una mezcla adecuada para usar como kairomonas para sistemas de captura, o monitorear sus poblaciones. Los resultados muestran que en condiciones de semi-campo las trampas McPhail cebadas con extractos de volátiles de *A. sellowiana* madura, así como el benzoato de etilo sintético, éster que genera la mayor respuesta de la antena, son atractivos para ambos sexos de *A. fraterculus*.

## 5.2. CONCLUSIONES

- La información generada en esta tesis servirá de base para el desarrollo de un programa de manejo integrado de moscas de la fruta que podrán redundar en la apertura o mantenimiento de mercados de exportación de frutos frescos. Las especies de importancia económica que se registran en nuestro país son *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*. Ambas son especies polífagas que atacan varios frutales cultivados y silvestres, por lo que disponen de alimento para desarrollarse de forma ininterrumpida a lo largo del año. Las capturas en predios comerciales de *A. fraterculus* se observaron con mayor frecuencia en primavera-verano y *C. capitata* en verano-otoño.
- *Ceratitis capitata* es una especie que presenta un amplio rango de hospedantes, mayormente frutales exóticos con valor comercial. Esta especie se desarrolla mejor en áreas perturbadas como agroecosistemas, ciudades y jardines. Siendo la especie más abundante y que reviste mayor importancia en

los sistemas productivos frutícolas, tanto por su daño directo como por su status de cuarentenario para determinados mercados.

- *Anastrepha fraterculus* es una especie nativa cuyo rango de hospedantes son mayoritariamente frutales nativos o silvestres, aunque puede ocasionar daños en determinadas especies de frutales exóticos de interés comercial. En los ecosistemas poco perturbados o con predominio de vegetación nativa, es la especie que ocasiona mayores infestaciones en frutos nativos.
- Cuando se analizan las fluctuaciones poblacionales en relación a las condiciones climáticas como las temperaturas y las precipitaciones, se observa que la rigurosidad del invierno afecta el momento de aparición de los tefrítidos, así como su abundancia en la primavera. Inviernos fríos con mayor número de días por debajo del umbral de desarrollo o con temperaturas bajo cero, retrasan la aparición de los tefrítidos en primavera. Otro factor de mortalidad pueden ser las precipitaciones abundantes que ocasionan la acumulación de agua en el suelo, siendo letal para las pupas de estas especies.
- El parasitismo natural es muy bajo, se presenta únicamente en áreas naturales con poca intervención antrópica. Los parasitoides nativos se observaron atacando *A. fraterculus* en frutales nativos.
- Los compuestos volátiles orgánicos (VOCs) de hospedantes nativos pueden ser utilizados por *A. fraterculus* como kairomonas, no solo para la ubicación del hospedante, sino también para determinar el estadio fenológico de los frutos. Los frutos inmaduros y maduros de *Acca sellowiana* y *Psidium cattleianum* mostraron claras diferencias cuantitativas y cualitativas en sus perfiles volátiles, y fueron atractivos para las hembras apareadas de *A. fraterculus*. Esto sugiere que los VOCs pueden ser una clave química confiable para el insecto, con posibles aplicaciones en potenciales atrayentes para el manejo de esta especie.

### 5.3. PERSPECTIVAS

En el contexto del manejo de plagas, el concepto de manejo en áreas amplias consiste en entender cómo poblaciones de insectos plaga se distribuyen en el ambiente, y en los momentos en los que aparecen sus poblaciones. Diversas estrategias de manejo pueden ser utilizadas, como la Técnica de Insecto Estéril (TIE), el trampeo masivo y control biológico. Muchas de estas alternativas presentes en el país fueron desarrolladas para el manejo de *C. capitata*, por lo cual para el avance en estrategias de manejo para *A. fraterculus* es fundamental profundizar en el conocimiento de aspectos de la ecología de la plaga, sus hospedantes y sus enemigos naturales.

Sería necesario generar información a nivel de campo y de laboratorio sobre:

- El área de ecología química, para complementar los resultados de esta tesis es imperioso realizar más estudios, evaluar diferentes mezclas, optimizar las proporciones de cada compuesto, las tasas de liberación y la durabilidad de los atrayentes en estudios de laboratorio y de campo.
- Estudios genéticos de *A. fraterculus* en nuestro país para determinar a qué morfotipo del complejo de especies pertenece. Esta información complementará lo sugerido por estudios de compatibilidad sexual y nos brindará además apoyo sobre el status cuarentenario de esta especie. Estos estudios generan las bases para la implementación a futuro de la TIE.
- Los parasitoides nativos y comenzar a evaluar la introducción de parasitoides para su potencial uso en programas de control biológico para ambas especies de tefrítidos.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- Aguiar-Menezes EL, Menezes EB. 2000. Rio de Janeiro. En: Malavasi A, Zucchi R. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Editora Holos. 259 - 264.
- Aluja M, Mangan RL. 2008. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological and regulatory considerations. *Annual Review of Entomology*, 53: 473 - 502. doi: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093350.
- Aluja M, Pérez-Staples D, Macías-Ordóñez R, Piñero J, McPheron B. 2003. Nonhost status of *Citrus sinensis* cultivar Valencia and *C. paradisi* cultivar Ruby Red to Mexican *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economical Entomology*. 96: 1693 - 703.
- Bentancourt C, Scatoni I. 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. Montevideo: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 582 p.
- Biasazin T, Larsson S, Kimbokota F, Dekker T. 2018. Translating olfactomes into attractants: shared volatiles provide attractive bridges for polyphagy in fruit flies. *Ecology Letters*. doi; 10.1111/ele.13172.
- Bisognin M, Nava DE, Diez-Rodríguez GI, Valgas RA, Carcia MS, Krolow CR, Antunes EC. 2015. Development of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) Related to the phenology of blueberry, blackberry, strawberry guava, and Surinam cherry fruits. *Journal of Economic Entomology*, 108(1): 192 - 200.
- Bomfim DA, Uchôa-Fernandes MA, Bragança MAL. 2007. Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em matas nativas e pomares domésticos de dois municípios do Estado do Tocantins, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 2(2): 217 - 223. doi: 10.1590/S0085-56262007000200012.
- Cabrera D, Vignale B, Machado G, Rodríguez P, Zoppolo R, Nebel JP. 2018. Primeras selecciones registradas de Guayabo del país en Uruguay. *Revista INIA*. (52): 29 - 32.

- Calvo MV, Delgado S, Scatoni I B, Mello Garcia FR. 2017. First report of *Neosilba pradoi* and *Dasiops frieseni* (Diptera, Lonchaeidae) in cultivated and wild hosts in Uruguay. *Florida Entomologist*, 100(4): 831 - 832. doi: 10.1653/024.100.0427.
- Candia IF, Bautista V, Larsson Herrera S, Walter A, Ortuño Castro N, Tasin M, Dekker T. 2018. Potential of locally sustainable food baits and traps against the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* in Bolivia. *Pest Management Science*, 75(6): 1671 - 1680. doi: 10.1002/ps.5286.
- Caputi P, Montes F. 2010. Plan estratégico y diseño institucional para el sector cítrico en Uruguay. Proyecto TCP/URU/3301- FAO. 107 p. Consultado 25 de Marzo 2017. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/plan-estrategico-diseno-institucional-para-sector-citricola-uruguay>
- Cardé RT, Millar JG. 2004. *Advances in insect chemical ecology*. Cambridge: Cambridge University Press. 352 p.
- Christenson LD, Foote RH. 1960. Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 5(1): 171 - 192.
- Cohen Y, Cohen A, Hetzroni A, Alchanatis V, Broday D, Gazit Y, Timar D. 2008. Spatial decision support system for medfly control in citrus. *Computers Electronics in Agriculture*, 62(2): 107 - 117.
- Cruz-López L, Malo E, Toledo J, Virgen J, Del Mazo A, Rojas J. 2006. A New Potential Attractant for *Anastrepha obliqua* from *Spondias mombin* Fruits. *Journal of Chemical Ecology* 32(2): 351 - 365. doi: 10.1007/s10886-005-9006-7. .
- Cunningham JP, Carlsson MA, Villa TF, Dekker T, Clarke AR. 2016. Do Fruit Ripening Volatiles Enable Resource Specialism in Polyphagous Fruit Flies? *Journal of Chemical Ecology*, 42(9): 1 - 10. doi: 10.1007/s10886-016-0752-5.
- Delgado S. 2020. Eficiencia y selectividad de atrayentes alimenticios para monitoreo y control de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en Uruguay. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.

- De Oliveira F, Junior A, Costa M, Sanches P, Walder J, Batista J. 2014. Preference and infestation level of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) on fruits of some *Psidium guajava* L. cultivars and relation to their physicochemical parameters. *Phytoparasitica*, 42: 475 - 483. doi:10.1007/s12600-014-0384-7.
- DGSA (Dirección General de Servicios Agrícolas). 2017. Anexos 4 y 5 [En línea]. En: Sistema de certificación de fruta cítrica 2017. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 31 de mayo de 2020. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/fito2/>.
- Dias VS, Silva JG, Lima KM. 2016. An integrative multidisciplinary approach to understanding cryptic divergence in Brazilian species of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 117: 725 - 746.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2010. Producción [En línea]. En: Anuario estadístico agropecuario 2010. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 10 de abril 2020. Disponible en [www.mgap.gub.uy/DIEA/anuario2010.html](http://www.mgap.gub.uy/DIEA/anuario2010.html).
- Dos Santos J, Ribeiro J, De Almeida E, De Souza R, Filgueira M, Nobre J. 1998. Flutuação populacional de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera-Tephritidae) em goiabeira (*Psidium guajava* L.) no município de Mossoró-RN-Brasil. *Caatinga*, 11(1/2): 91 - 93.
- Duarte F, Calvo MV, Delgado S, Vera T, Garcia F, Scatoni B. 2019. Mating Compatibility between Two Populations of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) from Argentina and Uruguay. En: Pérez-Staples D, Diaz-Fleischer F, Montoya P and Vera MT (Eds). Area-wide management of fruit fly pests. Boca Ratón: CRC, 45 - 56. doi: 10.1201/9780429355738-4.
- Duyck PF, David P, Quilici S. 2004. A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecological Entomology*, 29: 511 - 520.
- Ekesi S, Maniania N, Mohamed S, Lux S. 2005. Effect of soil application of different formulations of *Metarhizium anisopliae* on african tephritid fruit flies and

- their associated endoparasitoids. *Biological Control*, 35: 83 - 91. doi: 10.1016/j.biocontrol.2005.06.010.
- El Hadi M, Zhang F, Wu F, Chunhua Z, Tao J. 2013. Advances in fruit aroma volatile Research. *Molecules*, 18(7): 8200 - 8229. doi:10.3390/molecules18078200.
- FAO-IAEA (Food and Agriculture Organization/ International Atomic Energy Agency). 2018. Trapping guidelines for areawide fruit fly programmes. Vienna: IAEA-TECDOC. 65 p.
- Garcia FRM, Ovruski SM, Suárez L, Cancino J, Liburd OE. 2020. Biological control of tephritid fruit flies in the americas and hawaii: A review of the use of parasitoids and predators. *Insects*, 11(10): 662 - 690. doi: 10.3390/insects11100662.
- Garcia FRM, Ricalde M. 2013. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. *Insects*, 4: 55 - 70.
- Garcia FRM, Norrbom AL. 2011. Tephritoid flies (Diptera, Tephritoidea) and their plant hosts from the state of Santa Catarina in southern Brazil. *Florida Entomologist*, 94 (2): 151 - 157.
- Garcia FRM, Corseuil E. 2004. Lista documentada das moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) do Rio Grande do Sul. *Acta Ambiental Catarinense*, 4: 23 - 32.
- Garcia FR, Corseuil E. 1998. Flutuação populacional de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) e *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) em pomares de pessegueiro em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15(1): 53 - 158.
- Gattelli T, Da Silva F, Meirelles R, Rodrigues L, Dal Soglio F. 2008. Moscas frugívoras associadas a mirtáceas e laranjeira na região do Vale do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, 38(1): 236 - 239.
- Hafsi A, Abbes K, Harbi A, Chermiti B. 2020. Field efficacy of commercial food attractants for *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) mass trapping and their impacts on non-target organisms in peach orchards. *Crop Protection*, 128, 104989. doi: 10.1016/j.cropro.2019.104989.

- Hendrichs J, 1996. Action programs against fruit flies of economic importance. En: McPherson BA, Steck GJ. (Eds.). Fruit fly pests. A world assessment, of their biology and management. Delray Beach: St Lucie Press. 513 - 519.
- Hendrichs J, Katsoyannos BI, Papaj DR, Prokopy RJ. 1991. Sex differences in movement between natural feeding and mating sites and tradeoffs between food consumption, mating success and predator evasion in mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Oecologia*, 86(2), 223 - 231. doi: 10.1007/BF00317534.
- Hernández-Ortiz V, Barradas-Juanz N, Díaz-Castelazo C. 2019. A review of the natural host plants of the *Anastrepha fraterculus* complex in the Americas. En: Pérez-Staples D, Diaz-Fleischer F, Montoya P, Vera MT eds. Area-Wide management of fruit fly pests. Boca Ratón: CRC, 89 - 122.
- Hernández-Ortiz V, Canal NA, Tigrero JO, Ruíz-Hurtado FM, Dzul-Cauich JF. 2015. Taxonomy and phenotypic relationships of the *Anastrepha fraterculus* complex in the Mesoamerican and Pacific Neotropical dominions (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys*, 540: 95 - 124.
- Jang EB, Raw AS, Carvalho LA. 2001. Field attraction of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) to synthetic stereoselective enantiomers of the ceralure B1 isomer. *Journal of Chemical Ecology*, 27, 235 - 242. doi: 10.1023/A:1005620203504.
- Janzanti N, Monteiro M. 2014. Changes in the aroma of organic passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) during ripeness. *Food Science and Technology*, 59(2): 612 - 620. doi: 10.1016/j.lwt.2014.07.044.
- Klungness LM, Jang EB, Mau RF, Vargas RI, Sugano JS, Fujitani E. 2005. New sanitation techniques for controlling tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 9(2), 5 - 14.
- Lang Scoz P, Botton M, Silveira Garcia M, Luiz Pastori P. 2006. Avaliação de atrativos alimentares e armadilhas para o monitoramento de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) na cultura do

- pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsh). *Idesia* (Arica), 24(2), 7 - 13. doi: 10.4067/S0718-34292006000200002.
- Liquido NJ, McQuate GT, Suiter KA, Norrbom AL, Yee WL, Chang CL. 2019. Compendium of fruit fly host plant information the USDA primary reference in establishing fruit fly regulated host plants. En: Pérez-Staples D, Diaz-Fleischer F, Montoya P, Vera MT (eds.) Area-wide management of fruit fly pests. Boca Ratón, CRC. 363 - 368.
- Liquido NJ, Cunningham RT, Nakagawa S. 1990. Host plants of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) on the island of Hawaii (1949–1985 survey). *Journal of Economic Entomology*, 83: 1863 - 1878. doi: 10.1093/jee/83.5.1863.
- Lobos C. 1997. Distribución y registros de las principales especies de moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) en los países suramericanos. Perú: IICA Centro Regional Andino. 62 p.
- Machado J, Nunes M, Boff MI, Garcia FR, Boff P, Franco C. 2018. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) assemblage in a feijoa orchard in Santa Catarina State, Brazil. *Revista Colombiana de Entomología*, 44: 110 - 115 doi: 10.25100/socolen.v44i1.6547.
- Macku C, Jennings G. 1987. Production of volatiles by ripening bananas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35(5): 845 - 848. doi: 10.1021/jf00077a049.
- Malacrida AR, Gomulski LM, Bonizzoni M, Bertin S, Gasperi G, Guglielmino CR. 2007. Globalization and fruit fly invasion and expansion: the medfly paradigm. *Genética*, 131: 1 - 9. doi: 10.1007/s10709-006-9117-2.
- Malavasi A, Zucchi R. 2000. Moscas das frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos Editora. 327p.
- Malo EA, Gallegos-Torres I, Toledo J, Valle-Mora J, Rojas JC. 2012. Attraction of the West Indian fruit fly to mango fruit volatiles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142: 45 - 52. doi: 10.1111/j.1570-7458.2011.01200.x.
- McInnis DO, Lance DR, Jackson CG. 1996. Behavioral resistance to the sterile insect technique by Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Hawaii.

- Annals of the Entomological Society of America, 89(5), 739 - 744. doi: 10.1093/aesa/89.5.739.
- Montoya P, Cancino J. 2004. Control biológico por aumento en moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). Folia Entomológica Mexicana, 43(3), 257 - 270.
- Nava DE, Botton M. 2010. Bioecología e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitidis capitata* em pessegueiro. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 29 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315). Pelotas. [En línea]: Consultado 27 de marzo de 2020. Disponible en: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/888672>.
- Navarro-Llopis V, Alfaro F, Domínguez J, Sanchis J, Primo J. 2008. Evaluation of traps and lures for mass trapping of Mediterranean fruit fly in citrus groves. Journal of Economic Entomology, 101: 126 - 131. doi: 10.1603/0022-0493(2008)101[126:EOTALF]2.0.CO;2.
- Nevo O. Ayasse M. 2020. Fruit scent: Biochemistry, ecological function, and evolution. En: Mérillon J. Ramawat KG (Eds.), Co-evolution of secondary metabolites, reference series in phytochemistry. Switzerland: Springer. 403 - 421. doi: 10.1007/978-3-319-96397-6\_33.
- Norrbom AL, Korytkowski CA, Zucchi RA, Uramoto K, Venable GL, McCormick J, Dallwitz MJ. 2012. *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys. Claves taxonómicas interactivas [En línea]. Consultado 20 de Mayo de 2020. Disponible en: <https://www.deltaintkey.com/anatox/index.htm>.
- Ovruski SM, Schliserman P. 2012. Biological control of tephritid fruit flies in Argentina: historical review, current status, and future trends for developing a parasitoid mass-release program. Insects, 3(3): 870 - 888. doi: 10.3390/insects3030870.
- Ovruski S, Schliserman P, Aluja M. 2004. Indigenous parasitoids (Hymenoptera) attacking *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in native and exotic host plants in Northwestern Argentina. Biological Control, 29: 43 - 57.

- Ovruski S, Schliserman P, Aluja M. 2003. Native and introduced host plant of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en northwestern Argentina. *Journal of Economic Entomology*, 96: 1108 - 1118.
- Papadopoulos NT. 2014. Fruit fly invasion: historical, biological, economic aspects and management. En: Shelly E, Epsky N, Jang EB, Reyes-Flores J, Vargas R (Eds). *Trapping and the detection, control and regulation of tephritid fruit flies*. Dordrecht: Springer. 219 - 252.
- Papadopoulos NT, Plant RE, Carey JR. 2013. From trickle to flood: the large-scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280: 20131466. doi: 10.1098/rspb.2013.1466.
- Prokopy RJ, Papaj DR. 2000. Behavior of flies of the genera *Rhagoletis*, *Zonosemata*, and *Carpomya* (Trypetinae: Carpomyina). En: Aluja M, Norrbom AL, (Eds). *Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior*. Boca Raton: CRC Press. 219 - 252.
- Quilici S, Atiama-Nurbel T, Brévault T. 2014. Plant odors as fruit fly attractants. En: Shelly, TE, Epsky N, Jang EB, Reyes-Flores J, Vargas RI. (Eds.). *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies*. Dordrecht: Springer. 119-144.
- Rasgado M, Malo E, Cruz-López L, Rojas J, Toledo J. 2009. Olfactory Response of the Mexican Fruit Fly (Diptera:Tephritidae) to *Citrus aurantium* Volatiles. *Journal of Economic Entomology*, 102(2): 585 - 594. doi: 10.1603/029.102.0216.
- Ricalde MP, Nava DE, Loeck AE, Donatti MG. 2012. Temperature-dependent development and survival of Brazilian populations of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, from tropical, subtropical and temperate regions. *Journal of Insect Science*, 12: 1 - 11.
- Rojas JC Malo, EA. 2012. *Temas selectos de ecología química de insectos*. Tapachula: El Colegio de la Frontera Sur. 446 p.
- Rull J, Abraham S, Kovaleski A. 2013. Evolution of pre-zygotic and post-zygotic barriers to gene flow among three cryptic species within the *Anastrepha*

- fraterculus* complex. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 148: 213 - 222.
- Salles LAB. 2000. Biología e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* (Wied.). En: Malavasi A, Zucchi R. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Editora Holos. 81 - 86.
- Scatoni I, Calvo V, Delgado S, Duarte F, Zefferino E. 2019. Las moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en el Uruguay. Montevideo, INIA Serie FPTA 81, 67 p.
- Schliserman P, Aluja M, Rull J, Ovruski SM. 2016. Temporal diversity and abundance patterns of parasitoids of fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in the Argentinean Yungas: implications for biological control. *Environmental Entomology*, 45: 1184 - 1198.
- Segura D, Petit-Marty N, Sciurano R, Vera T, Calcagno G, Allinghi A, Gómez Cendra P, Cladera J, Vilardi J. 2007. Lekking behavior of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 90(1): 154 - 162. doi: 10.1653/0015-4040(2007)90[154:LBOAFD]2.0.CO;2.
- Segura D, Vera T, Cagnotti C, Vaccaro N, De Coll O, Ovruski S, Cladera J. 2006. Relative abundance of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in diverse host species and localities of Argentina. *Annals of the Entomological Society of America*, 99: 70 - 83.
- Selivon D, Perondini ALP, Morgante JS. 2005. A genetic-morphological characterization of two cryptic species of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America* 98: 367 - 381.
- Sciarretta A, Trematerra P. 2011. Spatio-temporal distribution of *Ceratitis capitata* population in a heterogeneous landscape in Central Italy. *Journal of Applied Entomology*, 135, 241 - 251. doi: 10.1111/j.1439-0418.2010.01515.x.
- Siderhurst MS, Jang EB. 2006. Attraction of female oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, to *Terminalia catappa* fruit extracts in wind tunnel and olfactometer tests. *Formosan Entomologist*. 26(1): 45 - 55.

- Silva-Araujo E, Ribeira-Paiva L, Geraldo-Alves S, Bevacqua D, Nava D, Lavigne, García, FRM. 2019. Phenological asynchrony between the fruit fly *Anastrepha fraterculus* and early maturing peach cultivars could contribute to pesticide use reduction. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(1): e1001. doi: 10.5424/sjar/2019171-13294.
- Tan KH, Nishida R, Jang EB, Shelly TE. 2014. Pheromones, male lures, and trapping of tephritid fruit flies. En: Shelly E, Epsky N, Jang EB, Reyes-Flores J, Vargas R (Eds.). *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies*. Dordrecht, Springer. 15 - 74.
- Uchôa M. 2012. Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): Biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control. En: Larramendy M, Soloneski S. (Eds.). *Integrated Pest Management and Pest Control. Current and Future Tactics*. Rijeka: IntechOpen CY. 271 - 300.
- Uchôa M, Oliveira I, Molina RMS, Zucchi RA. 2003. Biodiversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritoidea) captured in Citrus groves in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Neotropical Entomology*, 32: 239 - 246.
- Uchôa M, Zucchi R. 1999. Metodología de colecta de Tephritidae y Lonchaeidae frugívoros (Diptera: Tephritoidea) y sus parasitoides (Hymenoptera). *Anais da Sociedade de Entomológica do Brasil*, 28(4): 601 - 610.
- Vaničková L, Hernández-Ortiz V, Sordi I, Bravo J. 2015. Current knowledge of the species complex *Anastrepha fraterculus* (Diptera, Tephritidae) in Brazil. *ZooKeys* 540: 211 - 237.
- Vargas RI, Mau RFL, Jang EB, Faust RM, Wong L. 2008. The Hawaii fruit fly areawide pest management programme. En: Koul O, Cuperus G, Elliott N (Eds.). *Areawide pest management: Theory and Implementation*. United Kingdom: CABI. 300 - 325.
- Vargas RI, Mau RL, Jang EB. 2007. The Hawaii fruit fly area-wide pest management program: Accomplishments and future directions. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 39: 99 - 104.
- Vera MT, Cáceres V, Wornoyport V, Hendrichs J, Cayol JP. 2006. Mating incompatibility among populations of the South American fruit fly

- Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 99: 387 - 397.
- Vera MT, Rodríguez R, Segura DF, Cladera JL, Sutherst RW. 2002. Potential geographical distribution of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), with emphasis on Argentina and Australia. *Environmental Entomology*, 31(6): 1009 - 1022. doi: 10.1603/0046-225X-31.6.1009.
- Vilela E. Kovaleski A. 2000. Feromonios. En Malavasi A, Zucchi R. (Eds.). *Moscas das frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Editora. 99 - 103.
- Villalobos J, Flores S, Liedo P and Malo EA. 2017. Mass trapping is as effective as ground bait sprays for the control of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) fruit flies in mango orchards. *Pest Management Science*, 73: 2105 - 2110. doi: 10.1002/ps.4585.
- Wyatt TD. 2003. *Pheromones and animal behaviour: communication by smell and taste*. New York: Cambridge University Press. 385 p.
- Yakimik N. 2019. “Respuesta comportamental de hembras adultas de *Anastrepha fraterculus* hacia frutos de su hospedero nativo *Acca sellowiana*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 39 p.

## 7. ANEXOS

### 7.1. THE *Curvicauda* SPECIES GROUP OF *Anastrepha* SCHINER, 1868 (DIPTERA, TEPHRITIDAE, TRYPETINAE) IN URUGUAY: NEW RECORDS OF SPECIES AND HOST PLANT.



#### The *curvicauda* species group of *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera, Tephritidae, Trypetinae) in Uruguay: new records of species and host plant

María Victoria Calvo<sup>1</sup>, Soledad Delgado<sup>1</sup>, Felicia Duarte<sup>1</sup>, Andrés González<sup>2</sup>, Iris Scatoni<sup>1</sup>, Flavio M. Garcia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Protección Vegetal, Unidad de Entomología, Av. Garzón 780, Montevideo, 12900, Uruguay. <sup>2</sup> Universidad de la República, Facultad de Química, Laboratorio de Ecología Química, Av. Gral. Flores 2124, Montevideo, 11800, Uruguay. <sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Zoologia e Genética, Laboratório de Ecologia de Insetos, 96010-900 P.O. Box: 354, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.  
Corresponding author: María Victoria Calvo, vcalvo@fagro.edu.uy

#### Abstract

We report for the first time the occurrence in Uruguay of three species of *Anastrepha*, which belong to the *curvicauda* species group. Specimens of *Anastrepha australis* (Blanchard, 1959), *Anastrepha littoralis* (Blanchard, 1959), and *Anastrepha nigra* (Blanchard, 1959) were collected with McPhail traps baited with PBX® yeast/borax placed in fruit orchards. These records represent the most southern distribution known for *A. littoralis* and *A. nigra*, in addition to the first host plant records for *A. nigra*, which were reared from larvae on fruits of *Araujia hortorum* E. Fourn. (Apocynaceae).

#### Keywords

*Araujia hortorum*, common moth vine, fruit flies, *Toxotrypana*.

Academic editor: Eliana Busnavantura | Received 11 April 2019 | Accepted 10 December 2019 | Published 31 December 2019

Citation: Calvo MV, Delgado S, Duarte F, Gonzalez A, Scatoni I, Garcia FM (2019) The *curvicauda* species group of *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera, Tephritidae, Trypetinae) in Uruguay: new records of species and host plant. Check List 15 (6): 1167–1172. <https://doi.org/10.15560/15.6.1167>

#### Introduction

Based on a recent phylogenetic analysis (Mengual et al. 2017), the tephritid genus *Toxotrypana* Gerstaecker, 1860 has been proposed as a synonym of *Anastrepha* Schiner, 1868 (Norrbon et al. 2018a, 2018b). Although *Toxotrypana* is the senior name, *Anastrepha* was proposed as a valid genus due to the much greater economic significance of its species (Norrbon et al. 2018a). Therefore, all seven species previously classified in *Toxotrypana* are recognized as the *curvicauda* species group of *Anastrepha* (Norrbon et al. 2018b).

Most of the studies on the biology, behavior, and distribution of the *curvicauda* species group refer to a single species, *Anastrepha curvicauda* (Gerstaecker, 1860), the papaya fruit fly. This is the only species in the group that has an economic impact on fruit production and has, therefore, received more attention by researchers. Information on the other species of the *curvicauda* species group includes a taxonomic revision of the genus *Toxotrypana* (Blanchard 1959; Norrbom et al. 2012), as well as studies on their distribution (Lobos 1997), host plants, and phenology (Carpintero and Testoni 2013; Savaris et al. 2016; Bertolaccini et al. 2017). Photographs of

Copyright Calvo et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

specimens are quite difficult to find, making it difficult to use taxonomic keys for species identification.

The *curvicauda* species group is found exclusively in the Neotropical region (Blanchard 1959; Norrbom et al. 1999). *Anastrepha australis* (Blanchard, 1959) is present in the Argentine provinces of Tucumán, Corrientes, Buenos Aires, Santa Fe, and Santiago del Estero (Blanchard 1959; Bertolaccini et al. 2017) as well as in southern Brazil (García and Corseuil 2004) and Uruguay (Silveira-Guido and Habeck 1976). *Anastrepha littoralis* (Blanchard, 1959) is distributed from Guatemala to Venezuela and Colombia, following the Andes up to Corrientes, Argentina (Blanchard 1959; Savaris et al. 2016; Bertolaccini et al. 2017; Norrbom et al. 2018b). *Anastrepha nigra* (Blanchard, 1959) has only been recorded in Argentina in the provinces of Jujuy, Córdoba, Entre Ríos, and Santa Fe (Blanchard 1959; Bertolaccini et al. 2017; Norrbom et al. 2018b).

Most species of the *curvicauda* species group are associated with latex-bearing plants belonging to the Caricaceae, Asclepiadaceae, Annonaceae, and Apocynaceae families. Host-plant records are mostly documented for the pest species *A. curvicauda* (Landolt 1994, 1999; Tigrero 2009). In Ecuador, *Anastrepha recurvicauda* (Tigrero, 1992) was reported on *Carica papaya* L. (Caricaceae) and *Annona cherimola* Mill. (Annonaceae) (Tigrero 1992, 2009). In Argentina, *A. littoralis* was first described from a specimen that emerged from fruits of *C. papaya*, and *A. nigra* was reported emerging from an unconfirmed species of the genus *Morrenia* Lindl. (Apocynaceae) (Blanchard 1959). *Anastrepha australis*, in turn, was first described from two females that emerged from a *Morrenia* species. Indeed, *A. australis* is regarded as a natural control agent of Apocynaceae species such as *Morrenia odorata* (Hook. & Arn.) Lindl., *Morrenia brachystephana* Griseb., and *Araujia*

*hortorum* E. Fourn. (Blanchard 1959; Silveira-Guido and Habeck 1976). Interestingly, the later has been reported as an invasive weed in Europe, New Zealand, Australia, United States, and South Africa (Vivian-Smith and Panetta 2005) and *A. australis* has been proposed as a potential biological control agent (Silveira-Guido and Habeck 1976; Carpintero and Testoni 2013).

We conducted a survey of the *curvicauda* species group of *Anastrepha* in Uruguay, including their host plants. We report new species for this country and provide a taxonomic key and images to aid taxonomic identification.

## Methods

Tephritid samplings were conducted in citrus and deciduous fruit orchards located in the regions of San José and Montevideo (Fig. 1). Flies were collected with McPhail traps baited with four PBX® yeast / borax pellets (SUS-BIN, Argentina) and 300 mL of water. A total of 36 traps were laid out, three per 1-ha fruit plot. Traps were checked and rebaited every 15 days from August 2013 to May 2015.

A host plant survey was conducted in late summer (February) and early fall (March) in 2018 at the sampling site located in Montevideo, where most specimens and diversity of the *curvicauda* species group was captured in traps. Fruits of *A. hortorum* with symptoms of fruit fly attack, i.e. a visible hole surrounded by latex exudate (Landolt 1999), were collected and taken to the laboratory, stored individually in screen-covered plastic pots containing sterile sand, and kept at 25 °C until adult emergence.

## Results

A total of six individuals of the *curvicauda* species group were captured. These six specimens were identified as

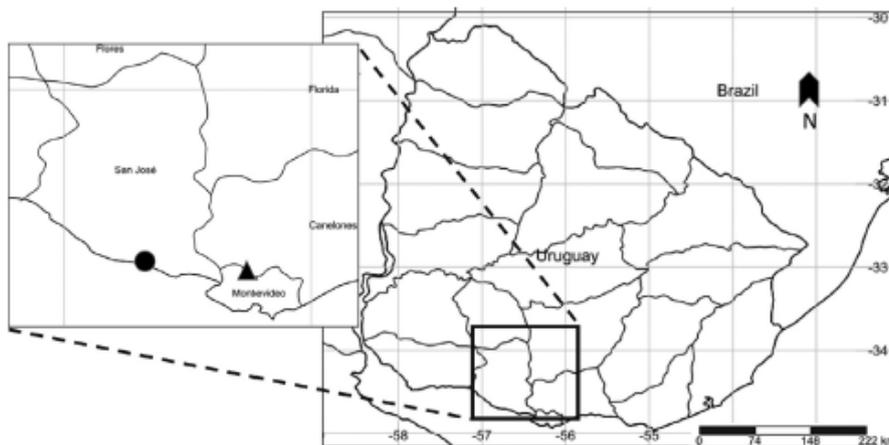


Figure 1. New records of *curvicauda* species group of *Anastrepha* in Uruguay: Melilla (triangle), Kiyú (circle). Simple mapper Shorthouse (2010).

*A. australis* (two males), *A. nigra* (two females and one male), and *A. littoralis* (one female). The examined specimens of *A. nigra* and *A. australis* are deposited in the Entomological Collection of the Facultad de Agronomía, Universidad de la República (UdelaR), Montevideo, Uruguay. The specimen of *A. littoralis* is deposited in the Entomological Collection of the Laboratorio de Insetos, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, Brazil.

**Host plant survey.** Fruits of *A. hortorum* collected in late summer produced 24 pupae that were sent to Landcare Research, New Zealand, where only *A. australis* adults emerged. Fruits of the same plants collected in early fall were infested with 12 larvae, of which only two completed its development into adults of *A. nigra* (one female and one male), thus indicating *A. hortorum* as a new host plant record for *A. nigra*.

**The *curvicauda* species group of Uruguay (Fig. 2A–C).** Body of hymenopteroid form with the first abdominal segment elongated and petiolate. The mesonotum, postpronotal, presutural supra-alar, dorsocentral, intra-alar, and scutellar setae absent or small and weak, much shorter than scutellum length. Wings are hyaline, pale yellow and with a dark-yellow band along the length of the costal margin. Wing pattern with very long bcu cell, R2 + 3 vein with three abrupt curves, and M vein ending straight at the wing margin (Fig. 3A–C). Females with ovipositor (sintergosternite 7) usually as long as the length of the body (Fig. 2C), in most species recurved ventrally (Fig. 2B, C) (Blanchard 1959; Norrbom et al. 2012).

**Identification key to the *curvicauda* species group from Uruguay (adapted from Blanchard 1959)**

1 Mesonotum mostly dark-brown or blackish, usually with narrow yellow stripe in the mid-presutural

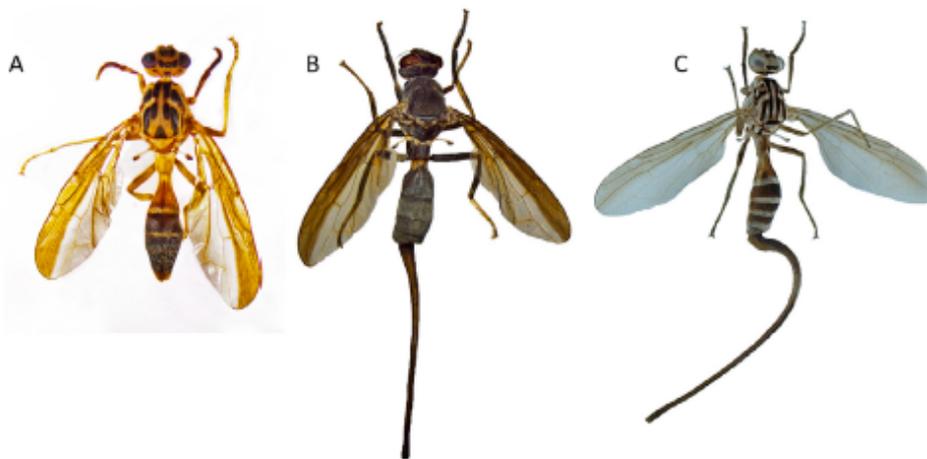
region, and along transverse suture, pleuron and most of abdominal tergites mostly black. Female with oviscape longer than body (Figs 2B, 4B, 5B) ..... *A. nigra*  
 1' Mesonotum yellow brownish with two black submedial bands arising from presutural region to mesoscutum, and a sublateral band at each side usually interrupted on transverse suture, pleuron mostly yellow with some black stripes (Fig. 4A, C). Females with oviscape as long as the length of the body (Fig. 2C) ..... 2  
 2 Mesonotum with four longitudinal dark brown bands, two submedials arising from anterior scutum extending to mid mesoscutum, but distinctly separated from central black spot on the scuto-scutellar suture; scutellum mostly yellow, excepting some dark-brown lateral spots (Figs 2A, 4A) ..... *A. australis*  
 2' Mesonotum with four longitudinal brown bands, two submedials extending to the posterior margin of the scutum, connecting with a black spot on the scuto-scutellar suture; scutellum with apical edge blackish (Figs 2C, 4C) ..... *A. littoralis*

***Anastrepha australis* (Blanchard, 1959)**

Figures 2A, 3A, 4A, 5A

**Examined material.** URUGUAY • 1 ♂; Montevideo, Melilla; McPhail trap hung on *Citrus sinensis* cv Valencia; 21 m elev.; 34°43'49"S, 056°17'02"W; 7.iii.2015; V. Calvo & S. Delgado leg., (deposited at the Entomological Collection, UdelaR) • 1 ♂; San José, Kiyú; McPhail trap hung on *Prunus persica* cv. Elegant Lady; 34°38'16"S, 056°43'34"W; 22.iv.2015; V. Calvo & S. Delgado leg.; (deposited at the Entomological Collection, UdelaR).

**Diagnosis.** Head: yellow, face without whitish markings, presents a narrow brown band that covers the



**Figure 2.** Specimens of the *curvicauda* species group of *Anastrepha*. **A.** *Anastrepha australis* male. **B.** *Anastrepha nigra* female. **C.** *Anastrepha littoralis* female.



Figure 3. Wing details. A. *Anastrepha australis*. B. *Anastrepha nigra*. C. *Anastrepha littoralis*.



Figure 4. Head and thorax details. A. *Anastrepha australis*. B. *Anastrepha nigra*. C. *Anastrepha littoralis*.



Figure 5. Lateral view of the thorax. A. *Anastrepha australis*. B. *Anastrepha nigra*.

ocellar triangle and extends to the eye margin with forehead slightly sunken. Antennae brownish-yellow. Gena with a brown spot below the eyes. Thorax: mesonotum light ochre-colored with blackish bands, densely coated with bright yellow pubescence. Submedian bands of the mesonotum ending far from the basal suture of the scutellum. Mesopleuron mostly yellow to orange, with dark brown spots or bands on at least anepisternum, katepisternum, and anepimeron. Subscutellum and mediotergite yellow to red-brown medially, dark brown laterally. Scutellum yellow with blackened edges. Legs: Femurs entirely yellow to orange-black, nails with a light-yellow base. Abdomen: Blackish with segments II-V with light-yellow narrow apical bands (Blanchard 1959; Norrbom et al. 2012).

*Anastrepha littoralis* (Blanchard, 1959)

Figures 2C, 3C, 4C

**Examined material.** URUGUAY • 1 ♀; Montevideo, Melilla; McPhail trap hung on *Prunus persica* cv. Elegant Lady; 29 m elev., 34°43'49"S, 056°17'04"W; 30.i.2014; S. Delgado & E. Silva Araujo leg.; (deposited in the Entomological Collection, UFPel).

**Identification.** Head: yellow, with an interocular brown band that covers the ocellar triangle and a supra antennal frontal transverse spot. Antennae yellowish-brown. Thorax: Mesonotum yellow colored with dark bands along, covered with dark brown pubescences, with four longitudinal dark bands, the middle pair almost united in the front edge. Mesopleuron is mostly yellow to orange,

with dark-brown spots or bands on at least in the anepisternum, katepisternum, and anepimeron. Scutellum lightcolored, with darkened lateral and posterior edges. Subscutellum yellow to red-brown medially, dark brown laterally. Abdomen: Abdominal tergites at least with syntergite 1+2 with a dark-brown band. Females with brown oviscape strongly dorsally arched, length 11–20 mm, with apex remarkably widened.

#### *Anastrepha nigra* (Blanchard, 1959)

Figures 2B, 3B, 4B, 5B

**Examined material.** URUGUAY • 1 ♂, 1 ♀; Montevideo, Melilla; McPhail trap hung on *Citrus sinensis* cv Valencia; 21 m elev., 34°43'49"S, 056°17'02"W, 22.i.2015, V. Calvo & S. Delgado leg.; (deposited at the Entomological Collection, UdelaR). • 1 ♀, same collection data but 6.v.2015, V. Calvo & S. Delgado leg.; (deposited at the Entomological Collection, UdelaR). • 1 ♂, 1 ♀, same locality data but reared from fruits of *A. hortorum*, 8 m elev., 34°44'05"S, 056°19'01"W, 21.iii.2018, Calvo V & Delgado S, (deposited at Entomological Collection, UdelaR).

**Identification.** Head: black or dark brown, face without whitish markings, frons with a brown band or mark that includes the ocellar tubercle and extends to the eye margin, or mostly entirely brown. Facial carina mostly brown. Antennae blackish or dark brown. Thorax: blackish mesonotum with or without yellowish spots or lines. Blackish or brownish pleura with light ochre sutures. Black scutellum with a small yellow spot at each anterolateral angle. Postscutellum, subscutellum, and mediotergite entirely brown to dark brown (usually), or yellow to red-brown medially, dark brown laterally. Basal scutellar and katepisternal setae absent. Legs: anterior legs black, brown intermediate femurs and tarsi, blackish hind legs with light ochre tars. Abdomen: black without clear apical bands, pubescent coated with whitish reflections. Females have the ovipositor longer than the body with the oviscape strongly dorsally arched with the aculeus tip lateral margins not curved dorsally (Blanchard 1959; Norrbom et al. 2012).

## Discussion

The *curvicauda* species group of *Anastrepha* in Uruguay is represented by three species, *A. australis*, *A. littoralis*, and *A. nigra*. In this work, *A. littoralis* and *A. nigra* are reported for the first time for Uruguay, representing the southern distribution for both species (Blanchard 1959; Savaris et al. 2016; Bertolaccini et al. 2017). *Anastrepha australis* is also confirmed for Uruguay, as it had previously been recorded by Silveira-Guido and Habeck (1976) in a survey of natural enemies of *M. odorata* and related weeds.

Our survey yielded few specimens of all three species, which is often the case for field studies on *curvicauda* species group (Bertolaccini et al. 2017). Indeed,

despite intensive monitoring of *Anastrepha* species with food baits, reports of specimens of the *curvicauda* species group are rare (Lobos 1997; Malvasi and Zucchi 2000; Garcia and Corseuil 2004; Shelly et al. 2014). It is possible that these species do not require protein feeding to develop mature oocytes, and therefore protein hydrolysate baits may not be attractive to them, as has been shown for *A. curvicauda* (Landolt 1999). More studies are therefore needed to develop specific attractants for the *curvicauda* species group to further study their distribution, abundance, and population fluctuations.

*Anastrepha australis* and *A. nigra* emerged from fruits of the native vine *A. hortorum*, which were collected in the field and maintained in the laboratory in our study. Thus, *A. hortorum* is here reported as a new host plant record for *A. nigra*. Similarly, Blanchard (1959) reported that native vines of the genus *Morrenia*, also from the Apocynaceae family, are hosts for *A. australis* and *A. nigra* in Argentina. *Araujia hortorum* grows in natural and disturbed habitats, where it is associated with forest and riparian vegetation, as well as with species of economic interest, such as citrus and deciduous trees. When present in dense foliage, this vine may damage shrubs and trees (Santa Cruz and Cordero 2018). *Araujia hortorum* is an invasive species in New Zealand, Australia, Spain, and North America, often regarded as a weed pest (Vivian-Smith and Panetta 2005). Surveys for potential biological control agents have therefore been undertaken, with *A. australis* currently as the main candidate (Silveira-Guido and Habeck 1976; Waipara et al. 2006; Carpintero and Testoni 2013). Given our results, *A. nigra* can be considered as an alternative option for the biological control of *A. hortorum* and related vines in Uruguay. More comprehensive studies of the *curvicauda* species group and their native host plants are needed to improve our knowledge of these insect-plant systems, with both fundamental and applied implications.

## Acknowledgements

We thank Dr Emily Silva Araujo (Federal University of Pelotas, Brazil) for assistance during insect collections. We also thank financial and fellowship support by Capes-UdelaR, Agencia Nacional de Investigación e Innovación, and Comisión Académica de Posgrados (UdelaR, Uruguay).

## Authors' Contributions

The paper was originally conceived by VC, FRMG, AG and IS. The study was designed by VC, FRMG and IS. VC, SD, and FD carried out the field work. VC and SD processed collected material; VC and SD identified the specimens and performed the curatorial work; FRMG identified and photographed the *A. littoralis* female. VC analyzed the data and made the distribution map. All authors wrote the final version of the manuscript.

## References

- Bertolaccini I, Castro D, Zucchi RA (2017) Nuevos registros de dos especies de *Toxotrypana* (Diptera: Tephritidae) en la Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo* 49: 193–196.
- Blanchard E (1959) El género *Toxotrypana* en la República Argentina (Diptera, Trypetidae). *Acta Zoológica Lilloana* 17: 33–44.
- Carpintero DL, Testoni D (2013) Insects found on *Araujia* species (Apocynaceae, Asclepiadoideae) in Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Nueva Serie* 15: 279–288. <https://doi.org/10.22179/revmacn.15.184>
- García FR, Corseuil E (2004) Lista documentada das moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) do Rio Grande Do Sul. *Acta Ambiental Catarinense* 4: 23–32.
- Landolt PJ (1994) Fruit of *Morrenia-odorata* (Asclepiadaceae) as a host for the Papaya Fruit-Fly, *Toxotrypana-curvicauda* (Diptera, Tephritidae). *Florida Entomologist* 77: 287–288.
- Landolt PJ (1999) Behavior of flies in the genus *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini). In: Aluja M, Norrbom AL (Eds) Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. CRC Press, Boca Raton, 363–374.
- Lobos C (1997) Distribución y registros de las principales especies de moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) en los países suramericanos. IICA, CentroRegional Andino, Perú, 62 pp.
- Malavasi A, Zucchi RA (2000) Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. *Holos, Ribeirão Preto*, 327 pp.
- Mengual X, Kerr PH, Norrbom AL, Barr NB, Lewis ML, Stapelfeldt AM, Schaeffer SJ, Woods P, Islam MS, Korytkowski CA, Uramoto K, Rodríguez EJ, Sutton BD, Nolasco N, Steck G J, Gaimari S (2017) Phylogenetic relationships of the tribe Toxotrypanini (Diptera: Tephritidae) based on molecular characters. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 113: 84–112. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.05.011>
- Norrbom A L, Zucchi RA, Hernández-Ortiz V (1999) Phylogeny of the genera *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini) based on morphology. In: Aluja M, Norrbom AL (Eds) Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. CRC Press, Boca Raton, 299–342.
- Norrbom AL, Korytkowski C, Zucchi R, Uramoto K, Venable G, McCormick J, and Dallwitz M (2012) *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys. In: Dallwitz M, Payne T, Zurcher E. *Intkey for Windows*. Version 5.12T. <https://www.delta-intkey.com/anatos/ident.htm>. Accessed on: 2018-9-1.
- Norrbom AL, Barr NB, Kerr P, Mengual X (2018a) Case 3772—*Anastrepha* Schiner, 1868 (Insecta, Diptera, Tephritidae): Proposed precedence over *Toxotrypana* Gerstaecker, 1860 *Bulletin of Zoological Nomenclature* 75: 165–169. <https://doi.org/10.21805/bzn.v75.a033>
- Norrbom AL, Barr NB, Kerr P, Mengual X, Nolasco N, Rodríguez EJ, Steck GJ, Sutton BD, Uramoto K, Zucchi RA (2018b) Synonymy of *Toxotrypana* Gerstaecker with *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 120 (4): 834–841.
- Santa Cruz J, Cordero S (2018) First record of *Araujia sericifera* (Apocynaceae: Asclepiadoideae) for Chile, a new alien climbing species from South America. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 53 (2): 313–317.
- Savaris M, Marinoni L, Norrbom AL (2016) Family Tephritidae. *Zootaxa* 4122: 596–621. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.50>
- Shelly T, Epsky N, Jang EB, Reyes-Flores J, Vargas RJ (2014) Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies. *Lures, area-wide programs, and trade implications*. Springer, Dordrecht, 638 pp. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9193-9>
- Shorhouse, DP (2010) Simple mappr, an online tool to produce publication-quality point maps. <https://www.simplemappr.net>. Accessed on: 2019-4-10.
- Silveira-Guido A, Habeck DH (1976) Natural enemies of strangler, *Morrenia odorata*, and two closely related species, *M. brachystephana* and *Araujia hortorum* in Uruguay. In: Freeman TE (Ed.), *Proceeding of the IV International Symposium on Biological Control of Weeds*. University of Florida, Gainesville, 128–131.
- Tigrero, JO (1992) Descripción de dos nuevas especies de Tephritidae: *Toxotrypaninae*, presentes en Ecuador. *Revista Rumipamba* 9 (2): 102–112.
- Tigrero, JO (2009) Lista anotada de hospederos de moscas de la fruta presentes en Ecuador. *Boletín Técnico* 8, Serie Zoológica 4 (5): 107–116.
- Vivian-Smith G, Panetta FD (2005) Seedling recruitment, seed persistence and aspects of dispersal ecology of the invasive moth vine, *Araujia sericifera* (Asclepiadaceae). *Australian Journal of Botany* 53: 225–230. <https://doi.org/10.1071/BT04118>
- Waipara NW, Winks CJ, Gianotti AF, Villamil CB, Villamil SC, Delhey R, Kiehr M, Traversa MG, Carpintero DL (2006) Surveys for potential biocontrol agents for moth plant in New Zealand and Argentina. *New Zealand Plant Protection* 59: 18–22.

## 7.2. FIRST REPORT OF *Neosilba pradoi* AND *Dasiops frieseni* (DIPTERA, LONCHAEIDAE) IN CULTIVATED AND WILD HOSTS IN URUGUAY.

### First report of *Neosilba pradoi* and *Dasiops frieseni* (Diptera: Lonchaeidae) in cultivated and wild hosts in Uruguay

María Victoria Calvo<sup>1</sup>, Soledad Delgado<sup>1</sup>, Iris Scatoni<sup>2</sup>, and Flavio Roberto Mello Garcia<sup>2</sup>

The members of the family Lonchaeidae (lance flies) are glossy black color with a blue or green metallic shine, or a mixture of both blue and green. The larvae usually are saprophagous or frugivorous (Bentancourt et al. 2009). This family is very well represented in South America, although knowledge of the frugivorous Lonchaeidae is just being developed; presently, little or nothing is known about the identity and biology of the many South American species (Korytkoiski & Ojeda 1971; Norrbom & McAlpine 1997; Strikis et al. 2011; Gislotti et al. 2017).

The family Lonchaeidae possibly has received little attention because several species are opportunists associated with fruit fly (Diptera: Tephritidae) infestations (McAlpine & Steyskal 1982), rather than being primary pests. However, Araujo & Zucchi (2002), Aguiar-Mene-

zes et al. (2004), Strikis & Lerena (2009), and Nicácio & Uchôa (2011) found that some species were primary invaders, and not dependent on previous oviposition by tephritids.

In Uruguay, there have been few reports of Lonchaeidae associated with fruit. *Dasiops uruguayensis*, described by Enderlein in 1936 (Korytkoiski & Ojeda 1971), and *Lonchaea chalybea* Wiedemann are the only records for this country (Ruffinelli & Carbonell 1954).

Between Nov 2013 and May 2014, mature fruits were collected from potential hosts of Diptera in Salto (31.3865°S, 57.7176°W) and Canelones (34.6207°S, 56.3612°W), Uruguay. Fruits (from plants or recently fallen) were collected from 18 plant species (Table 1). The samples were counted, weighed, and stored individually in screen-covered plastic pots containing

Table 1. Species of plants sampled, fruit weight, number of fruits sampled, number of adult Lonchaeidae emerged, average number of adults per kg, and percentage of fruit infested.

Plant taxa	Fruit weight (g)	No. fruit sampled	No. lonchaeids emerged	No. adults per kg	% fruit infested
<b>Myrtaceae</b>					
<i>Psidium cattleianum</i>	1396.0	145	3	2	2
<i>Myrcianthes pungens</i>	655.4	345			
<i>Psidium guajaba</i>	7986.9	195			
<i>Acca sellowiana</i>	10270.7	373			
<i>Eugenia uniflora</i>	162.6	8	1	6	13
<i>Hexachlamis edulis</i>	449.2	25			
<b>Ebenaceae</b>					
<i>Diospyros kaki</i>	2922.3	46			
<b>Moraceae</b>					
<i>Ficus carica</i>	2147.6	40			
<i>Maclura pomifera</i>	6359.0	21			
<b>Rutaceae</b>					
<i>Fortunella margarita</i>	192.2	20			
<i>C. reticulata</i> × <i>C. sinensis</i>	13227.2	119			
<i>Citrus sinensis</i> cv. W Navel	14721.6	82			
<i>Citrus sinensis</i> cv. Valencia	3888.4	30	27	7	17
<i>Citrus paradisi</i>	9364.0	39			
<b>Sapotaceae</b>					
<i>Pouteria gardeniana</i>	791.6	56			
<b>Passifloraceae</b>					
<i>Passiflora caerulea</i>	33.1	2	13	393	100
<b>Rosaceae</b>					
<i>Pyrus communis</i>	27001.5	181	1	0.04	0.6
<b>Santalaceae</b>					
<i>Acanthosyris spinescens</i> *	3015.3	308	2	0.001	0.6

\*First record of a lonchaeid infesting this plant.

<sup>1</sup>University of República Oriental del Uruguay, Department of Entomology, Montevideo, 12900, Uruguay; E-mail: vcalvo@fagro.edu.uy; soledaddelgadojorge@hotmail.com; iscatoni@fagro.edu.uy

<sup>2</sup>Federal University of Pelotas, Institute of Biology, Department of Zoology and Genetics, Laboratory of Insect Ecology 96010-900, P.O. Box 354, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil; E-mail: flavio.garcia@pq.cnpq.br

\*Corresponding author; E-mail: vcalvo@fagro.edu.uy

**Table 2.** Numbers of adults of *Neosilba pradoi* and *Dasiops friesei* by host, average number of adults per kg, and percent of fruit infested.

Plant Species	<i>Neosilba pradoi</i>			<i>Dasiops friesei</i>		
	No. adults	No. adults per kg	% fruit infested	No. adults	No. adults per kg	% fruit infested
<i>Citrus sinensis</i> cv. Valencia	1	0.3	3.3	26*	6.7	6.7
<i>Passiflora caerulea</i>	12	362.5	100	—	—	—
<i>Eugenia uniflora</i>	1	6.2	12.5	—	—	—

\*First record of host for the *D. friesei*.

sterile sand, and kept at 25 °C. The emerged adults were preserved in 70% ethanol for identification.

A total of 47 specimens of Lonchaeidae were obtained from 6 plant species. Forty specimens were identified as *Neosilba pradoi* Strikis & Lereña 2009 (Lonchaeinae) and *Dasiops friesei* Norrbom & McAlpine, 1997 (Dasiopinae). The rest were identified only to family level. These two species are recorded for first time in Uruguay (Table 2). A total of 5 males and 9 females of *N. pradoi* emerged from fruits collected from plants, and 14 males and 12 females of *D. friesei* from fruits collected from both the plants and on the soil beneath the trees. In most fruits (85% of those infested) a single species emerged, but in one fruit of *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae) and one of *Citrus sinensis* (L.) (Rutaceae), adults of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) and *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (both Diptera: Tephritidae) emerged along with the lonchaeids, respectively. As noted previously, some species of Lonchaeidae should be considered to be of economic importance and regarded as primary invaders. Though sometimes associated with tephritid infestation, lonchaeids seem to be independently capable of attacking fruit (Uchôa 2012).

In Brazil, *N. pradoi* has been reported to occur in *Passiflora caerulea* L. (Passifloraceae), though Marsaro et al. (2012) found lower levels of infestation as compared to us (28.4 larvae per kg of fruit infested by *N. pradoi* or *Lonchaea* sp.). Moreover, *Eugenia uniflora* (L.) (Myrtaceae) and *Citrus sinensis* were described as hosts by Garcia & Norrbom (2011). They found infestation levels (2.7 adults per kg and 4.0 adults per kg, respectively) similar to what we observed, but this is the first time that *N. pradoi* has been found in the orange cv. Valencia. Aguiar-Menezes et al. (2004) found that *D. friesei* had the highest infestation index (considering lonchaeids and tephritids) infesting *Passifloraceae* spp. in southeastern Brazil.

This study is the first report of these species for Uruguay and it is the most southern detection of them, and thus can aid in the determination of the species' distribution and ecology. In addition, this is the first record of *Acanthosyrus spinescens* Griseb. (Santalaceae) as host for a lonchaeid. More extensive and intensive surveys of lonchaeid hosts should be conducted in Uruguay to improve our knowledge of the diversity and ecology of these important dipteran species, which could have important effects on fruit production.

We thank Dr. Pedro Strikis (University of São Paulo, Brazil) for identifying the insects, Wuilliam Techeira (MGAP Salto), Emily Silva Araujo (Federal University of Pelotas) and Facultad de Agronomía (Salto) for helping during fruit collection. We also thank Capes-Udelar and Agencia Nacional de Investigación e Innovación for financial support.

## Summary

We report *Neosilba pradoi* and *Dasiops friesei* (Diptera: Lonchaeidae) for the first time in Uruguay, which is the most southern distribution yet found for these species. Moreover, new host associations are recorded: *D. friesei* in *Citrus sinensis* cv. Valencia and an undetermined lonchaeid in *Acanthosyrus spinescens*.

Key Words: lance flies; *Eugenia uniflora*; *Passiflora caerulea*; *Citrus sinensis*

## Sumario

Se reportan por primera vez para Uruguay *Neosilba pradoi* y *Dasiops friesei* (Diptera: Lonchaeidae), siendo la distribución más austral. Además, se registran nuevas asociaciones de hospederos: *Citrus sinensis* cv. Valencia para *D. friesei* y *Acanthosyrus spinescens* para una especie indeterminada de Lonchaeidae.

Palabras Clave: loncheídeos; *Eugenia uniflora*; *Passiflora caerulea*; *Citrus sinensis*

## References Cited

- Aguiar-Menezes EN, Nascimento RB, Menezes EB. 2004. Diversity of fly species (Diptera: Tephritoidea) from *Passiflora* spp. and their hymenopterous parasitoids in two municipalities of the southeastern Brazil. *Neotropical Entomology* 33: 113–116.
- Araújo EL, Zucchi RA. 2002. Hospedeiros e níveis de infestação de *Neosilba pandula* (Bezzi) (Diptera: Lonchaeidae) na região de Mossoró/Assu, RN. *Arquivos do Instituto Biológico* 69: 913–94.
- Bentancourt CM, Morelli E, Scatoni IB. 2009. Insectos del Uruguay. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay.
- García FRM, Norrbom AL. 2011. Tephritoid flies (Diptera, Tephritoidea) and their plant hosts from the state of Santa Catarina in Southern Brazil. *Florida Entomologist*, 94: 151–157.
- Gislotti LJ, Uchoa MA, Prado A. 2017. New records of fruit trees as host for *Neosilba* species (Diptera, Lonchaeidae) in southeast Brazil. *Biota Neotropica* 17: e20160213. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0213>
- Korytkowski C, Ojeda D. 1971. Revisión de las especies de la familia Lonchaeidae en el Perú (Diptera: Acalyptatrae). *Revista Peruana de Entomología* 14: 87–116.
- Marsaro ALJ, Strikis PC, Savaris M, Lampert S, Adalme R. 2012. New host records of Lonchaeidae (Diptera) in Brazil and associated parasitoid. *Revista de Agricultura* 87: 116–118.
- McAlpine JF, Steyskal GC. 1982. A revision of *Neosilba* McAlpine with a key to the world genera of Lonchaeidae (Diptera). *The Canadian Entomologist* 114: 105–137.
- Nicácio J, Uchoa MA. 2011. Diversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) and their relationship with host plants (Angiospermae) in environments of South Pantanal region, Brazil. *Florida Entomologist* 94: 443–466.
- Norrbom AL, McAlpine JF. 1997. A revision of the Neotropical species of *Dasiops* Rondani (Diptera: Lonchaeidae) attacking *Passiflora* (Passifloraceae). *Memoirs of the Entomological Society of Washington* 18: 189–211.
- Ruffinelli A, Carbonell CS. 1954. Segunda lista de insectos y otros artrópodos de importancia económica en el Uruguay. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos* 94: 33–82.
- Strikis PC, Lereña MLM. 2009. A new species of *Neosilba* (Diptera, Lonchaeidae) from Brazil. *Iheringia, Serie Zoológica* 99: 273–275.
- Strikis PC, Deus EG, Silva RA, Pereira JDB, Jesus CR, Marsaro Júnior AL. 2011. Conhecimento sobre Lonchaeidae na Amazônia brasileira, pp. 205–216. In Silva RA, Lemos WP, Zucchi RA [Eds.], Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Embrapa Amapá, Macapá, Amapá, Brazil.
- Uchôa MA. 2012. Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control, pp. 271–300. In Soloneski, S, Larramendy, ML [Eds.], *Integrated Pest Management and Pest Control: Current and Future Tactics*. Tech, Rijek, Croatia.