

**BIOLOGÍA COMPARADA DE POBLACIONES COLOMBIANAS DE *ANASTREPHA FRATERCULUS* Y *ANASTREPHA OBLIQUA* (DIPTERA: TEPHRITIDAE)**

**ISDA SÁNCHEZ REINOSO**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de Biólogo**

**Director**

**NELSON AUGUSTO CANAL**

**Doctor en Ciencias (Entomología)**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**BIOLOGÍA**

**IBAGUÉ-TOLIMA**

**2018**



FACULTAD DE CIENCIAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: **BIOLOGÍA COMPARADA DE POBLACIONES COLOMBIANAS DE ANASTREPHA FRATERCULUS Y ANASTREPHA OBLIQUA (DIPTERA: TEPHRITIDAE)**

AUTORES Isda Sánchez Reinoso (070100312011)

DIRECTOR Nelson Augusto Canal Daza (Universidad del Tolima)  
CO-DIRECTOR(ES)

JURADOS Giovany Guevara Cardona (Universidad del Tolima)  
Rolando Tito Bacca Ibarra ((Universidad del Tolima)

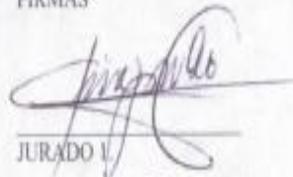
CALIFICACIÓN \_\_\_\_\_

APROBADO

REPROBADO

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FIRMAS

  
\_\_\_\_\_  
JURADO 1

  
\_\_\_\_\_  
JURADO 2

  
\_\_\_\_\_  
Director del trabajo

  
\_\_\_\_\_  
Director del Programa

Ciudad y fecha: Ibagué, 10 agosto 2018

## DEDICATORIA

A mi madre Fanny Reinoso  
por su apoyo incondicional  
y a mi hija Ópige,  
mi motivo para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos:

A los miembros del grupo de investigación GIMFRUT de la Universidad del Tolima, en especial al doctor Nelson Augusto Canal por su constante acompañamiento en todos los aspectos que permitieron la realización de este trabajo; además, de todos los conocimientos impartidos.

Al Ingeniero Jeferson Saavedra, por su orientación, ayuda en la colecta de datos y su amistad. A las estudiantes Natalia Frye, Nataly Forero, Lina Sánchez y Wendy Sua, por su gentil ayuda y amistad.

A Pedro Galeano, por el apoyo incondicional durante todo el desarrollo de este proyecto.

A mis hermanos Alefsi y Zain Sánchez Reinoso, por su ayuda en los análisis estadísticos y revisión del documento.

Y a todos aquellos que de una u otra manera colaboraron con la realización de este proyecto.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>1. OBJETIVOS</b>	14
1.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	15
2.1. MOSCAS DE LA FRUTA FAMILIA TEPHRITIDAE	15
2.1.1. Ciclo de vida	15
2.2. GÉNERO <i>ANASTREPHA</i>	16
2.2.1. <i>Anastrepha fraterculus</i>	177
2.2.2. <i>Anastrepha obliqua</i>	18
<b>3. METODOLOGÍA</b>	20
3.1. CRÍA DE LAS POBLACIONES	20
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	21
3.3. TABLAS DE VIDA	21
3.4. MORTALIDAD Y FECUNDIDAD DE ADULTOS	22
3.5. ANÁLISIS DE DATOS	22
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	24
<b>5. CONCLUSIONES</b>	42
<b>RECOMENDACIONES</b>	43
<b>REFERENCIAS</b>	44

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Poblaciones de <i>Anastrepha fraterculus</i> y <i>Anastrepha obliqua</i> .	20
<b>Tabla 2.</b> Duración de los estados del ciclo de vida de dos poblaciones colombianas de <i>Anastrepha fraterculus</i> y dos poblaciones colombianas de <i>A. obliqua</i> .	25
<b>Tabla 3.</b> Duración del ciclo de vida de <i>Anastrepha fraterculus</i> y <i>A. obliqua</i> .	25
<b>Tabla 4.</b> Tabla de vida de los estadios del ciclo de vida de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas <i>Anastrepha fraterculus</i> y <i>A. obliqua</i> .	28
<b>Tabla 5.</b> Estimadores de Jackknife para los parámetros demográficos $R_0$ , $R_m$ , $T$ y $\lambda$ de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas <i>Anastrepha fraterculus</i> y <i>A. obliqua</i> . Comparaciones de grupos por pares mediante prueba de t-student.	41

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Valores de tasa de mortalidad específica  $q_x$  de cuatro poblaciones colombiana de dos especies de moscas de las frutas *A. fraterculus* y *A. obliqua*. 29
- Figura 2.** Valores de supervivencia  $l_x$  de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua*. 29
- Figura 3.** Valores de esperanza de vida  $e_x$  de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua*. 30
- Figura 4.** Curva de supervivencia de los adultos de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima. **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle. 31
- Figura 5.** Valores de  $l_x \cdot m_x$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima, **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle. 33
- Figura 6.** Valores de  $m_x$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima. **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle. 34
- Figura 7.** Número de huevos por hembra de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima. **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle. 35
- Figura 8.** Número total de huevos ovipositados por hembra de cada población; *A. fraterculus* Iba: Ibagué-Tolima, Sib: Sibundoy-Putumayo. *A. obliqua* Gua: Guamo-Tolima, Zar: Zarzal-Valle. 36
- Figura 9.** Tasa neta de reproducción  $R_0$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué-Tolima, Sib: Sibundoy-Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo-Tolima, Zar: Zarzal-Valle. 37

**Figura 10.** Tasa intrínseca de crecimiento  $R_m$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué–Tolima, Sib: Sibundoy–Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo–Tolima, Zar: Zarzal–Las Lajas. 38

**Figura 11.** Tiempo generacional  $T$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué–Tolima, Sib: Sibundoy–Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo–Tolima, Zar: Zarzal–Valle. 39

**Figura 12.** Tasa finita de crecimiento  $\Lambda$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué–Tolima, Sib: Sibundoy–Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo–Tolima, Zar: Zarzal–Valle. 40

## RESUMEN

La fruticultura es un renglón importante de la agricultura en Colombia, su comercialización se ve limitado por barreras fitosanitarias a nivel internacional, debido a plagas cuarentenarias. *Anastrepha obliqua* y *A. fraterculus* son dos de las especies cuarentenarias más importantes debido a que afecta la producción de cultivos frutales como el mango y la guayaba. La información sobre aspectos básicos de bioecología de estas especies es prácticamente inexistente en Colombia. El objetivo del presente trabajo fue obtener información sobre la biología básica de *A. obliqua* y *A. fraterculus* que sirva como base para el desarrollo y mejoramiento de estrategias para su control. Se desarrollaron tablas de vida a partir de dos poblaciones por cada especie, colectadas en diferentes regiones del país, mantenidas en el Laboratorio de Entomología de la Universidad del Tolima. Se determinaron los ciclos de vida en laboratorio, se calcularon índices poblacionales como mortalidad específica y tasa neta de aumento. El análisis demostró que las poblaciones de *A. fraterculus* presentan diferencias significativas en los estados huevo, larva I, larva III y pupa; en las poblaciones de *A. obliqua* se presentan diferencias entre los estados huevo, larva I y pupa. A nivel interespecífico las especies no presentan diferencias significativas en la duración de su ciclo. La población con mayor  $R_0$  y  $R_m$  es Zarzal 35,0458 y 0,064136, respectivamente. La población con el  $R_0$  y  $R_m$  más bajos fue Sibundoy, 9,6106 y 0,043471. Estos resultados sirven como base para futuras investigaciones con el fin de mejorar las estrategias de control de estas especies.

**Palabras clave:** tabla de vida, parámetros demográficos, moscas de la fruta.

## ABSTRACT

Colombian fruit production is an important economic sector in the agriculture; however, its marketing is limited by phytosanitary barriers at the international level, due to quarantine pests. *Anastrepha obliqua* and *A. fraterculus* are two of the most important quarantine species because it affects the production of fruit crops such as mango and guava. The knowledge on the basic bioecology of these species is incipient in Colombia. The objective of this work was to obtain information about the basic biology of *A. obliqua* and *A. fraterculus*, this information could offer information for the development and improvement of management strategies. Life tables were obtained from two populations for each species, collected in different regions of the country and reared in the Entomology Laboratory of the University of Tolima. The life cycles in laboratory were studied, population data like specific mortality and net rate of increase were calculated. The populations of *A. fraterculus* presented significant differences between egg, larval I, larval III and pupal stages; whereas in the populations of *A. obliqua* there were differences between egg, larval I and pupal stages. At an interspecific level, species do not show a greater difference in the duration of their cycle. The population with the highest  $R_0$  and  $R_m$  was Zarzal 35.0458 and 0.064136, respectively. The population with the lowest  $R_0$  and  $R_m$  was Sibundoy, 9.6106 and 0.043471. These results serve as a basis for future research in order to improve control strategies for these species.

**Key words:** life table, demographic parameters, fruit flies.

## INTRODUCCIÓN

Las moscas de la fruta de la familia Tephritidae pertenecen a un grupo de plagas de importancia económica a nivel mundial, cuya presencia genera restricciones en el comercio interno y externo de frutas en muchos países (Castañeda, Osorio, Canal & Galeano, 2010; FAO, 2016). En Colombia la promoción del sector frutícola representa una importante fuente de crecimiento de la agricultura y la economía (Miranda, 2011), debido al incremento en la demanda de exportaciones que conlleva a una mayor producción de frutas (ODEPA, 2010).

En las últimas décadas Colombia ha incrementado el cultivo de frutas disponiendo cada día de mayor área para la fruticultura pues la superficie sembrada en frutales paso de 246.210,58 ha en 2010 a 289.955,47 ha en 2016, con una producción de 3.927.725,7 ton en 2010 a 4.476.247,54 ton en 2016 (Ministerio de Agricultura, 2016). Sin embargo, la incidencia de moscas de las frutas implica un serio problema al presentar condiciones favorables en todas las zonas frutícolas para el establecimiento y propagación de esta plaga (Portilla, González & Núñez, 1994).

Las moscas de la fruta representan uno de los principales problemas de carácter fitosanitario a nivel nacional e internacional, debido a los daños severos causados a los frutos por la oviposición y el desarrollo de las larvas (Hendrichs, Vera, De Meyer & Clarke, 2015). Para su manejo se hace uso de diferentes medidas; como las trampas tipo Mc Phail, el uso de insecticidas, medidas culturales, limitantes legales y restricciones cuarentenarias (Canal, 2004). Estas especies de moscas generan daños directos en el fruto como la pérdida de pulpa por la alimentación de las larvas, la entrada de organismos patógenos e incluso la caída de los frutos infestados (ICA, 2005; Hendrichs et al., 2015). Además, se presentan daños indirectos que afectan al productor como la disminución del rendimiento y la producción, la pérdida del valor comercial, el aumento de gastos por la aplicación de productos de control y la restricción al mercado internacional por plagas cuarentenarias (ICA, 2005).

Para Colombia se han reportado 83 especies de moscas de las frutas del género *Anastrepha* (Rodríguez et al., 2018). De las especies descritas del género *Anastrepha* siete son consideradas como plagas de importancia cuarentenaria, de las cuales cinco se encuentran en Colombia: *A. grandis* (Macquart), *A. serpentina* (Wiedemann), *A. striata* (Schinner), *A. fraterculus* (Wiedemann) y *A. obliqua* (Macquart) (Hernández-Ortiz & Aluja, 1993). *A. fraterculus* y *A. obliqua* se ubican en un mismo grupo de especies, el grupo *fraterculus*, compuesto por aproximadamente 30 especies (Norrbom & Kim, 1988). *A. obliqua* es una de las principales limitantes de la producción de mango (*Mangifera indica*) en el país (Castañeda, Selivon, Hernández-Ortiz, Soto & Canal, 2015); mientras que, *A. fraterculus* ataca frutos como la guayaba (*Psidium guajaba*), el café (*Coffea arabica*) y la mandarina (*Citrus reticulata*), entre otras (Castañeda et al., 2010).

La situación taxonómica de estas especies representa un gran obstáculo para la mitigación de los daños causados, debido a que se ha comprobado que tanto *A. fraterculus* como *A. obliqua* corresponden a un complejo de especies crípticas (Castañeda et al., 2015; Hendrichs et al., 2015), que pueden representar especies diferentes agrupadas en una misma especie o especies descritas taxonómicamente como diferentes que pueden ser variantes geográficas de una sola especie (Hendrichs et al., 2015).

Estudios de morfometría, taxonomía y relaciones fenotípicas de *A. fraterculus* han demostrado la presencia de ocho morfotipos (Hernández-Ortiz, Bartolucci, Morales-Valles, Frias & Selivon, 2012; Hernández-Ortiz, Canal, Tigrero, Ruíz-Hurtado & Dzul-Cauich, 2015); en Colombia se encuentra el morfotipo Andino, del cual no se reportan estudios. Por su parte, de *A. obliqua* se han realizado estudios de morfometría y genética que concluyen en una variabilidad morfológica y genética por lo que puede haber diferentes morfo tipos (Ruiz-Arce, Barr, Owen, Thomas & McPeron, 2012; Castañeda et al., 2015; Aguirre-Ramírez, Velasco-Cuervo, Gallo-Franco, González, Carrejo & Toro-Perea, 2017). La aparición de especies crípticas entre las moscas de las frutas de importancia económica afecta el desarrollo de estrategias de manejo para estas plagas (Canal, Hernández-Ortiz, Tigrero & Selivon, 2015).

La biología de estas especies ha sido estudiada en varios países (Soto-Manitiu, Chaverri, & Jirón, 1997; Chaverri, Soto-Manitiu & Jirón, 1999; Zucchi, Canal & Uchoa, Sf.); no obstante, a pesar de su importancia, existen pocos reportes de investigaciones en Colombia. Realizar estudios demográficos de estas especies permitiría una mejor comprensión de las estrategias de los ciclos de vida y la dinámica de la distribución de las especies en diferentes hospederos, suministrando datos básicos sobre tasas de natalidad y mortalidad para el desarrollo de modelos de predicción del crecimiento demográfico (Joachim-Bravo, Magalhas, da Silva, Guimaraes & Nacimiento, 2003). El conocimiento detallado de la biología y la taxonomía de estas especies es esencial para la aplicación de métodos de manejo como la técnica del insecto estéril (SIT), el uso de feromonas, la determinación de zonas libres de plagas o de baja prevalencia y las medidas de cuarentena (Canal et al., 2015).

Considerando que las poblaciones colombianas de *A. fraterculus* y *A. obliqua* pueden corresponder a especies diferentes (Castañeda et al., 2015; Hendrichs et al., 2015) y tomando en cuenta su importancia económica, se hace necesaria la investigación de la biología y ecología de estas especies en Colombia (Canal, 2004). Con este estudio se busca generar conocimientos de la biología de *A. fraterculus* y *A. obliqua* mediante estudios demográficos de poblaciones colombianas como base para futuras investigaciones y posibles aplicaciones en cuanto al manejo de esta plaga.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Obtener información sobre la biología básica de las moscas *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua* en poblaciones colombianas a fin de permitir el desarrollo y mejoramiento de estrategias para su control.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar datos demográficos de dos poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y dos poblaciones de *Anastrepha obliqua* para análisis de parámetros biológicos.
- Comparar la biología de dos poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y dos poblaciones de *Anastrepha obliqua* mediante el uso de tablas de vida.
- Comparar los ciclos de vida de las especies *Anastrepha fraterculus* y *Anastrepha obliqua*.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. MOSCAS DE LA FRUTA FAMILIA TEPHRITIDAE

Los integrantes de la familia Tephritidae son conocidos como las “verdaderas moscas de la fruta”, las cuales se distribuyen a través de las regiones tropicales y templadas del mundo (ICA, 2005). Comprende aproximadamente 4.000 especies dentro de 500 géneros (White & Elson-Harris, 1992). Además, constituye una de las familias de dípteros de mayor importancia económica en el mundo (Cavalloro, 1983; White & Elson-Harris, 1994), debido a la fitofagia generalizada de sus estados larvarios (ICA, 2005). Entre los principales géneros de moscas de la fruta de importancia económica están *Dacus*, *Rhagoletis*, *Ceratitis*, *Bractocera*, *Toxotrypana* y *Anastrepha* (Núñez, 1981). Estas especies de plagas causan una gran devastación en la producción de alimentos y el comercio internacional, a pesar de las aplicaciones de insecticidas (Hendrichs et al., 2015). A pesar de que las especies de importancia económica son más reconocidas por su daño a frutas y hortalizas cultivadas, un gran número de Tephritidae afecta también a plantas silvestres, atacando cabezuelas florales o barrenando tallos y otras porciones suculentas de la planta, produciendo agallas o minando las hojas (Larriva, León & Ortiz, 1985).

#### 2.1.1. Ciclo de vida

Las moscas de la fruta presentan un ciclo de vida completo (holometábola), atraviesan por cuatro estados biológicos diferenciados: huevo, larva, pupa y adulto. Su ciclo de vida comienza cuando las hembras adultas ovipositan los huevos bajo el pericarpio del fruto; la duración del estado huevo cambia entre especies, es determinado por las condiciones ambientales y puede variar de 2 a 7 días en verano o de 20 a 30 días en invierno, al final de este estado eclosionan y emergen las larvas que comienzan a alimentarse del fruto (Rodríguez, Quenta & Molina, 1996). El estado larval tiene tres instares, puede durar de

6 a 11 días, dependiendo de las condiciones ambientales, la larva del tercer instar abandona el fruto y se entierra a 2-3 centímetros de profundidad en el suelo y pasa al estado de pupa, que tiene una duración de 9 a 15 días (ICA, 2005). Durante esta fase ocurre la transformación gradual en adulto y una vez alcanzan la madurez fisiológica, el adulto emerge de la pupa. El adulto puede vivir hasta tres meses en condiciones favorables y tener hasta doce generaciones por año (Rodríguez et al., 1996).

## 2.2. GÉNERO *ANASTREPHA*

*Anastrepha* es considerado el género más diverso de los Tephritidae nativos de América, con cerca de 300 especies descritas hasta el momento, que se ubican en al menos 17 grupos; siete especies son de importancia cuarentenaria (Norrbon et al., 1999, 2015; Hernández-Ortiz, 2003; Norrbom, 2004). Presenta un origen y distribución neotropical teniendo como límites máximos al norte el sur de los Estados Unidos y al sur el norte de Argentina (Stone, 1942; Norrbom & Kim, 1988; Norrbom & Foote, 1989; Hernández-Ortiz & Aluja, 1993). Son consideradas las plagas nativas más importantes de una amplia gama de plantaciones frutales y de otras plantas cultivadas (Hernández-Ortiz 1992, 1993; Norrbom et al., 1999; Norrbom, 2002). Su importancia económica radica tanto en las pérdidas directas que ocasiona al dañar las frutas así como en las fuertes restricciones cuarentenarias que son impuestas a los países exportadores (Núñez, 1981, 1988; Olarte, 1987; Yepes & Vélez, 1989; Arévalo, Restrepo & Areiza, 1997; Vélez, 1997; Barón, 2004).

El género *Anastrepha* es el más diverso y de mayor distribución en Colombia, presente en casi todos los climas templados y cálidos, especialmente en regiones con temperaturas entre 15 y 29 °C, es decir, alturas entre el nivel del mar y 2000 metros aproximadamente (Portilla et al., 1994). En la actualidad, en Colombia se conocen en total 83 especies de *Anastrepha* (Rodríguez et al., 2018). Trabajos de levantamientos sistemáticos se han realizado en departamentos como Antioquia, donde se encontraron 18 especies en 30 municipios (Yepes & Vélez, 1989; Arévalo et al., 1997); Valle, con 25 especies en 15 municipios (Carrejo & González, 1994); Cundinamarca (Martínez &

Serna, 2005), donde hay 18 especies en 22 municipios, Tolima, con 24 especies en 10 municipios (Castañeda et al., 2010), y en cafetales de Santander (Núñez, Santos, Guarín & León, 2004) y Nariño (Portilla et al., 1994). Además, varios autores han realizado descripciones y reportes individuales (Steyskal, 1977; Norrbom, 1991, 1997, 2002; Carrejo & González, 1993; Norrbom, Korytkowski, Gonzales & Orduz, 2005; Martínez, 2007; Canal, 2010). Constituye uno de los grupos de mayor importancia económica en Colombia por los daños causados a los frutales comerciales como el mango (*Mangifera indica*), guayaba (*Psidium guajaba*), ciruela (*Spondia mombin* L.), zapote (*Matisia cordata*), carambola (*Averrhoa carambola*), entre otras (Korytkowski & Ojeda, 1968; Yepes & Vélez 1989; Carrejo & González 1994; Vélez, 1997).

### **2.2.1. *Anastrepha fraterculus*.**

Esta especie se distribuye desde el sur de los Estados Unidos de América (Texas), hasta Argentina (Hernández-Ortiz et al., 2015). Infesta alrededor de 110 plantas hospederas, incluyendo los principales cultivos frutales (Hendrichs et al., 2015). En Colombia se encuentra entre los 1000 y 2500 m. (Castañeda et al., 2010). Mediante estudios genéticos, citogenéticos y morfométricos, se ha demostrado que esta especie nominal comprende un complejo de diferentes especies (ocho morfotipos) de origen no monofilético, con distribuciones geográficas y ecológicas distintas en América Latina (Hernández-Ortiz et al., 2015), siendo que en Colombia se han encontrado los morfotipos andino en las cordilleras, algunos ejemplares del venezolano en los llanos y peruano en el pacífico nariñense (Hernández-Ortiz et al., 2015; Sutton et al., 2015).

La biología de *A. fraterculus* ha sido muy estudiada en los últimos años en Brasil; allí, se han realizado estudios sobre biología, ecología y genética de esta especie (Zucchi et al., Sf.; Joachim-Bravo et al., 2003; Zart, Fernandes & Botton, 2010; Bisognin et al., 2013). En Argentina se ha estudiado su genética y biología para la aplicación de la técnica del insecto estéril (Cladera et al., 2014). En Colombia la información existente sobre esta especie se refiere a distribución, hospederos, enemigos naturales, dinámicas

poblacionales y taxonomía (Núñez, 1981, Castañeda et al., 2010, Sarmiento, Aguirre & Martínez, 2012; Hernández-Ortiz et al., 2012).

### **2.2.2. *Anastrepha obliqua*.**

*A. obliqua* se distribuye desde el norte de México hasta el sureste de Brasil, incluyendo varias islas del Caribe (Ruíz-Arce et al., 2012), ésta especie utiliza 104 especies de plantas que le sirven como hospederos (Castañeda et al., 2015). En Colombia, *A. obliqua* se distribuye ampliamente a altitudes menores de 1.500 m, rango altitudinal en el que puede infectar el mango y algunas especies de *Spondias*, que son sus principales hospederos (Castañeda et al., 2010). El mango es el segundo producto más importante de la fruta en función de su área de siembra para Colombia, esta mosca de la fruta es uno de los principales factores limitantes para su producción (Castañeda et al., 2015). Un estudio morfométrico realizado con poblaciones naturales de Colombia de esta especie demostró que había una diferenciación morfológica significativa entre las poblaciones, separándolas en dos grupos (Castañeda et al., 2015). Ruiz-Arce et al. (2012) encontraron cinco grupos genéticos diferentes dentro de la especie, que fueron completados a un sexto grupo por Aguirre-Ramírez et al. (2017), siendo así, los mismos seis grupos encontrados por morfometría de adultos por Castañeda et al. (2015).

La biología de *Anastrepha obliqua* ha sido estudiada en otros países. Por ejemplo, en México hay un estudio sobre parámetros demográficos de *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*, en el cual se hallaron datos de supervivencia de estados inmaduros y adultos, tasa intrínseca de incremento, tiempo medio de generación y distribución estable de edades (Celedonio-Hurtado et al., 1988). En Costa Rica se realizó un estudio sobre el ciclo de vida, la duración de cada estadio en la provincia de Alajuela, del cual se encuentra una primera publicación sobre estadios inmaduros (Soto-Manitui et al., 1997) y una siguiente sobre la fase adulta (Chaverri et al., 1999). Otro estudio, fue realizado en Brasil por Carvalho et al., (1998) con el cual obtuvieron datos de fecundidad, longevidad de adultos y viabilidad de huevos de *A. obliqua* en sustrato de mango. Además, en 2003 se realizó un estudio en Brasil sobre longevidad y supervivencia de cuatro especies del

género *Anastrepha*: *A. fraterculus*, *A. sororcula*, *A. zenilidae* y *A. obliqua* (Joachim-Bravo et al., 2003). En Colombia los trabajos apenas se han dirigido a distribución, hospederos, enemigos naturales, dinámicas poblacionales y taxonomía (Núñez, 1981, Castañeda et al., 2010, Sarmiento et al., 2012) y estudios para su manejo (Canal et al., 2010).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. CRÍA DE LAS POBLACIONES

Se estudiaron dos poblaciones de cada especie recolectadas en los departamentos de Putumayo, Tolima y Valle (Tabla 1. Poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y *Anastrepha obliqua*). Las poblaciones utilizadas fueron criadas en el laboratorio de Entomología de la Universidad del Tolima por el Grupo de Investigación en Moscas de las Frutas de la Universidad del Tolima, en bajas cantidades con fines de investigación.

**Tabla 1.** Poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y *Anastrepha obliqua*.

Descripción	Población			
	<i>A. fraterculus</i>	<i>A. fraterculus</i>	<i>A. obliqua</i>	<i>A. obliqua</i>
Departamento	Putumayo	Tolima	Tolima	Valle
Municipio	Sibundoy	Ibagué	Guamo	Zarzal
Coordenadas	01°20.33'N 76°91.92'W	04°24'53"N 75°18'50"W	4°04'35"N 74°59'35"W	4°25'33"N 76°03'43"W
Altitud	2136	1433	345	954
Hospedero	Guayabilla	Café	Mango	Mango
Generación	F 16	F 30	F 44	F 24

Fuentes: Castañeda et al., 2015; Hernández-Ortiz et al., 2105; Vaníčková et al., 2015.

Las moscas se mantienen en el laboratorio en jaulas de cría de 30 x 30 x 30 cm, a una temperatura promedio de 22,5 °C y 24,05 °C y una humedad relativa de 44,3% y 51,97% para las poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua* respectivamente. La cría se hace siguiendo la metodología indicada por Núñez y Guzmán (1999) con algunas modificaciones. Brevemente, los adultos se alimentan con agua y una mezcla de azúcar y proteína para adultos. La colecta de huevos se hace con un medio de oviposición artificial (domo). Los huevos colectados se depositan sobre papel filtro y una esponja humedecidos dentro de cajas Petri. Las larvas son alimentadas con una dieta artificial.

Las larvas de tercer instar son puestas en frascos con vermiculita para la formación de pupas. Finalmente, los frascos se introducen a las jaulas de cría para la emergencia de adultos.

### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos (poblaciones recolectadas) y cinco repeticiones. Cada repetición contó con 900 individuos, para un total de 4500 individuos por población.

### 3.3. TABLAS DE VIDA

Para la determinación de los diferentes parámetros de la tabla de vida, se realizaron muestreos destructivos cada dos días. Para ello se contaron los individuos supervivientes de cada población en los diferentes estadios (huevo, larva instar I, larva instar II, larva instar III, pupa y adulto). El instar larval se determinó por el tamaño y el estado del esqueleto cefalofaríngeo.

Las diferentes variables incluidas en la tabla de vida se determinaron acorde a la metodología descrita por Lellani-Baños et al. (2012), las cuales se detallan a continuación:

$N_x$ : número de individuos supervivientes hasta el día  $x$ .

$l_x$ : proporción de la cohorte original que sobrevive hasta el día  $x$ .

$d_x$ : proporción de la cohorte original que muere en el paso de una fase a la siguiente. Se calculó con la ecuación 1.

$$d_x = l_x - l_{x+1} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$q_x$ : tasa de mortalidad específica de cada fase. Mide la fracción de individuos que mueren en cada fase; es decir, es la probabilidad que tiene cada individuo de morir en cada fase. Se calculó de acuerdo a la ecuación 2.

$$q_x = d_x / l_x \quad (\text{Ecuación 2})$$

$m_x$ : huevos producidos por cada individuo superviviente en cada fase. Es una tasa de fertilidad individual que mide la media de huevos producidos por cada individuo.

$l_x * m_x$ : huevos producidos por cada individuo original en cada fase. Informa la fertilidad relativa de cada una de las fases.

$R_0$ : tasa neta de aumento. Se calculó de acuerdo a la ecuación 3.

$$R_0 = \sum l_x . m_x \quad (\text{Ecuación 3})$$

### 3.4. MORTALIDAD Y FECUNDIDAD DE ADULTOS

En jaulas de 15 x 15 x 15 cm se tomaron 50 parejas de adultos recién emergidos de cada población, distribuidas en 5 repeticiones de 10 parejas para la evaluación de mortalidad y fecundidad. Diariamente se registró la mortalidad hasta la muerte del último adulto. Además, cada dos días se realizó el conteo de huevos para el cálculo de fecundidad de hembra por día. Los domos de oviposición se expusieron cada 48 horas hasta la muerte de la última hembra.

### 3.5. ANÁLISIS DE DATOS

Los cálculos de las tablas de vida se realizaron en el software Excel 2013. Para la comparación de los ciclos de vida se calculó la media ponderada de cada repetición y prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Como los datos no mostraron una distribución normal se usó una transformación de datos (Log X+1). Se realizó un análisis de diseño

completamente al azar (DCA) de los datos, el test de Tukey de comparación de medias fue desarrollado cuando diferencias significativas fueron observadas en el análisis de varianza usando el programa estadístico Statistix (Version 9, Tallahassee, FL). Las comparaciones de los parámetros demográficos de  $R_0$ ,  $R_m$ ,  $T$  y  $\Lambda$  se realizaron con la técnica de Jackknife y pruebas de T-student en el programa SAS.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estudió la biología básica y se desarrollaron tablas de vida para dos poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y dos de *A. obliqua*. Una de las poblaciones de la mosca sudamericana de las frutas fue colectada a altas altitudes (Sibundoy) y la segunda corresponde a la zona cafetera (Ibagué). En el caso de la mosca del mango, las dos corresponden a grupos morfométricos diferentes de los dos encontrados por Castañeda et al. (2015).

El análisis de varianza para la duración de los estados de desarrollo mostró diferencias significativas entre las poblaciones Ibagué y Sibundoy de *Anastrepha fraterculus*, en los estados de huevo, larva I, larva III y pupa (Tabla 2). Las poblaciones de *A. obliqua*, Guamo y Zarzal, presentan diferencias significativas en los estados de huevo, larva I y pupa (Tabla 2). La población de Ibagué tuvo una duración del ciclo de vida desde huevo hasta la emergencia de los adultos de 32,99 días, con un valor mínimo de 32,73 y un máximo de 33,40. El ciclo de vida de Sibundoy fue más corto, con media de 25,42 días y valores entre 24,9 y 25,83; la diferencia total entre las dos poblaciones de *A. fraterculus* fue de 7,57 días. Por su parte, las poblaciones de *A. obliqua* tienen una diferencia de 0,73 días en su ciclo, Guamo 34,41 días con valor mínimo de 33,75 y máximo de 35,16 y Zarzal 35,14 días, con valores mínimos y máximos de 33,47 y 38,10 días. El CV (coeficiente de variación) demuestra homogeneidad y consistencia en la colecta de los datos, con valores de 5 a 15% de variación.

Las diferencias intraespecíficas se pueden deber a la variabilidad genética de las especies. Diferentes trabajos poblacionales de genética, aislamiento reproductivo, citogenética y morfometría han evidenciado variabilidad dentro del complejo *Anastrepha fraterculus* (Smith-Caldas, Mcpheron, Silva & Zucchi, 2001; Hernández-Ortiz, Gómez-Anaya, Sánchez, Mcpheron & Aluja, 2004; Hernández-Ortiz et al., 2012, 2015; Selivon & Perondini, 2007; Canal et al., 2015; Hendrich et al., 2015), señalando la existencia de 8 morfotipos dentro de esta especie, además de encontrar diferencias entre poblaciones.

**Tabla 2.** Duración de los estados del ciclo de vida de dos poblaciones colombianas de *Anastrepha fraterculus* y dos poblaciones colombianas de *A. obliqua*.

Tratamiento	Huevo	L Instar I	L Instar II	L Instar III	Pupa
<i>A. fraterculus</i> (Ibagué)	3.59 ± 0.03c	2.94 ± 0.08b	3.03 ± 0.10	6.85 ± 0.22a	16.59 ± 0.20b
<i>A. fraterculus</i> (Sibundoy)	4.37 ± 0.04ab	1.99 ± 0.01c	2.84 ± 0.03	3.34 ± 0.14b	12.89 ± 0.04c
<i>A. obliqua</i> (Guamo)	4.70 ± 0.20a	4.57 ± 0.52a	2.68 ± 0.53	6.78 ± 0.59a	15.66 ± 0.60b
<i>A. obliqua</i> (Zarzal)	4.18 ± 0.04b	2.56 ± 0.11bc	2.90 ± 0.18	5.65 ± 0.21a	19.85 ± 1.07a
Significancia	***	***	NS	***	***
CV (%)	5,70	8,28	15,13	13,41	8,58

Las letras representan diferencias, letras diferentes en un mismo estadio equivalen a diferencias significativas.

**Tabla 3.** Duración del ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua*.

Tratamiento	Huevo	L Instar I	L Instar II	L Instar III	Pupa
<i>Anastrepha fraterculus</i>	3.98 ± 0.26	2.46 ± 0.26a	2.75 ± 0.19	5.09 ± 0.54a	14.74 ± 0.75a
<i>Anastrepha obliqua</i>	4.44 ± 0.35	3.56 ± 0.26b	2.79 ± 0.45	6.21 ± 0.42b	17.75 ± 0.61b
Significancia	NS	***	NS	***	***
CV (%)	9,93	3,25	2,78	2,39	1,45

Las letras representan diferencias, letras diferentes en un mismo estadio equivalen a diferencias significativas.

En Colombia, un estudio reciente de estructura fenotípica, encontró diferencias morfométricas entre las poblaciones colombianas, sugiriendo que estas pueden estar parcialmente aisladas (Canal et al., 2018). Zabala (2015), en un trabajo molecular con genes mitocondriales mostró la existencia de tres grupos divergentes entre las poblaciones colombianas de *A. fraterculus* y tres haplotipos en las poblaciones de *A. obliqua*. Aunque actualmente *A. obliqua* no es considerada un complejo de especies crípticas por la falta de investigaciones, los estudios realizados hasta el momento demuestran una gran variabilidad entre las poblaciones de esta especie (Ruíz-Arce et al., 2012; Castañeda et al., 2015; Aguirre-Ramírez et al., 2017). Las variaciones morfológicas, genéticas y citogenéticas demostradas en estos estudios, pueden verse reflejadas en la biología de las especies y puede explicar las diferencias encontradas de los ciclos de vida entre las dos poblaciones de *A. fraterculus* y las dos de *A. obliqua*.

Los ciclos de vida de las especies presentaron diferencias significativas en los estadios larva I, larva III y pupa; además, la duración total del ciclo también presenta diferencias, *A. fraterculus* con un ciclo más corto de 29,02 días mientras el ciclo de *A. obliqua* es de 34,75 días. Al ser especies diferentes es de esperar que haya diferencias en sus ciclos.

Jaldo et al. (2007) realizaron un análisis demográfico de *A. fraterculus* en Argentina y sus resultados muestran una diferencia en la duración de los estados del ciclo con los resultados obtenidos en este estudio; en huevo tenían una duración de 2 días, en larva de 3 a 16 días y en estado pupa de 17 a 32 días. Las diferencias pueden ser debidas al morfotipo diferente existente en Argentina y al método de cría. Zart et al. (2010) estudiaron la biología y fertilidad de *A. fraterculus* en dos variedades de uva en Brasil, siendo que en una variedad no consiguieron desarrollo de la especie y en la variedad Italia obtuvieron datos de la duración del ciclo de vida así: huevo  $3.01 \pm 0.13$ , larva  $21.95 \pm 0.33$ , pupa  $14.6 \pm 0.04$ , estos datos son más similares a los obtenidos en este estudio en cuanto a los estados de larva y pupa, en el estado huevo hay una mayor duración en las poblaciones de Colombia.

En el caso de *Anastrepha obliqua* un estudio sobre la biología y ecología realizado por Joachim-Manitiu et al. (1997) mostró que la eclosión de los huevos ocurre en el día 3, la duración del estado larva dura de 8 a 13 días, mientras la emergencia de adultos puede tardar de 2 a 5 semanas. Los resultados obtenidos en este estudio se acercan a los obtenidos por estos autores en algunos estados. La duración de los instar larvales puede depender a las propiedades nutricionales de la fuente de alimentación (Joachim-Manitiu et al., 1997).

Un grupo de adultos recién emergidos (5 hembras x 5 machos) de cada población se pusieron en jaulas de cría y se mantuvieron con solo agua, para determinar la duración de los adultos sin alimento. En general las poblaciones tuvieron el mismo comportamiento, la población Ibagué tuvo una duración de 6 días para hembras y machos; por su parte, Sibundoy, Guamo y Zarzal tuvieron una duración de 4 días para las hembras y 5 días para los machos.

Se construyó una tabla de vida para las cuatro poblaciones. Los cálculos para estos valores, se realizaron con datos de los estados de huevo, larva y pupa; los instares larvales, no se tomaron en cuenta debido a que la metodología de observación (método destructivo) no permite evaluar de manera precisa la duración de cada individuo de forma continua y los resultados fueron inconsistentes. Para cada población se revisó la mayor supervivencia por estadio con el  $P_x$ , la mortalidad específica de cada fase ( $q_x$ ) y la supervivencia final en el  $l_x$ . En las poblaciones de *Anastrepha fraterculus* los estadios con mayor supervivencia son huevo y larva, Ibagué tiene una supervivencia de casi el 90% de los individuos en la fase de huevo, mientras Sibundoy presenta una supervivencia del 65% en el estadio larval. Las poblaciones de *A. obliqua* tienen la mayor supervivencia de individuos en el estado pupa, Guamo con 63% y Zarzal con 87% de los individuos (Tabla 4). La tasa de mortalidad específica ( $q_x$ ), indica que el estadio con la mortalidad más alta en Ibagué es pupa con 68% de los individuos muertos en ese estado, Sibundoy, presenta la mortalidad más alta (70%) en el estado huevo. La población Guamo tiene una mortalidad del 50% en los estados huevo y larva, Por su parte, Zarzal,

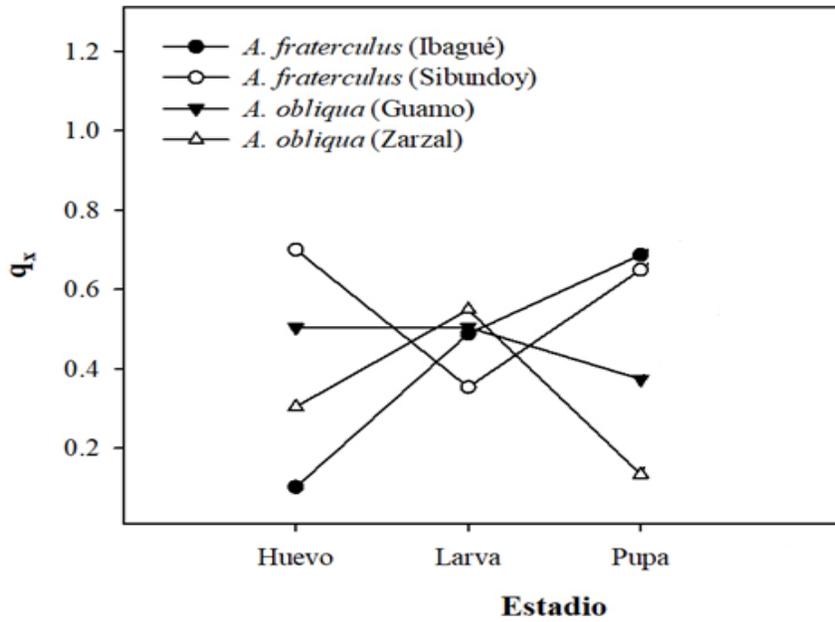
presenta su mortalidad más alta en el estado larval con un 54% de individuos muertos en ese estadio (Tabla 4, Figura 1).

**Tabla 4.** Tabla de vida de los estadios del ciclo de vida de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua*.

Población	Edad	Nx	lx	Px	dx	qx	Lx	Tx	ex	kx
A. <i>fraterculus</i> Ibagué	Huevo	500	1,000	0,898	51	0,102	475	1001	2,002	0,046
	Larva	449	0,898	0,512	219	0,488	340	562,5	1,172	0,291
	Pupa	230	0,460	0,313	158	0,687	151	187	0,813	0,504
	Adulto	72	0,144	0,000	72	1,000	36	36	0,000	0,000
A. <i>fraterculus</i> Sibundoy	Huevo	500	1,000	0,300	350	0,700	325	531	1,062	0,523
	Larva	150	0,300	0,647	53	0,353	124	206	1,373	0,189
	Pupa	97	0,194	0,351	63	0,649	65,5	82,5	0,851	0,455
	Adulto	34	0,068	0,000	34	1,000	17	17	0,000	0,000
A. <i>obliqua</i> Guamo	Huevo	500	1,000	0,496	252	0,504	374	698	1,396	0,304
	Larva	248	0,496	0,496	125	0,504	186	324	1,306	0,304
	Pupa	123	0,246	0,626	46	0,373	100	139	1,126	0,203
	Adulto	77	0,154	0,000	77	1,000	38,5	38,5	0,000	0,000
A. <i>obliqua</i> Zarzal	Huevo	500	1,000	0,696	152	0,304	424	891	1,782	0,157
	Larva	348	0,696	0,451	191	0,549	253	467	1,342	0,346
	Pupa	157	0,314	0,866	21	0,134	147	215	1,366	0,062
	Adulto	136	0,272	0,000	136	1,000	68	68	0,000	0,000

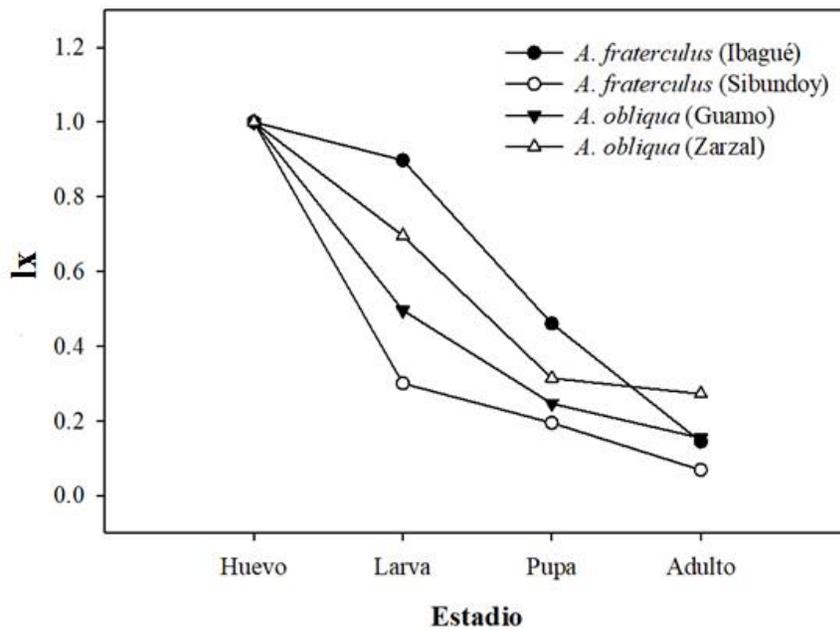
La supervivencia final de cada población fue inferior al 30%, en Ibagué el 14,4% de los individuos llegaron a estado adulto, en Sibundoy tan sólo el 0,7% de la cohorte original llega a adulto, Guamo tiene una supervivencia del 15% de los individuos y Zarzal, presenta la mayor supervivencia hasta estado adulto con 27% de población (Tabla 4, Figura 2). Un estudio realizado en México para el desarrollo de cría artificial de *A. fraterculus* evaluó supervivencia y mortalidad de la especie, demostrando que la mortalidad de los individuos ocurre de manera gradual en los primeros 30 días de vida y aumenta en los siguientes días, disminuyendo la supervivencia, el 50% de la población inicial vivió 40 días (Flores, Hernández & Toledo, 2012).

**Figura 1.** Valores de tasa de mortalidad específica  $q_x$  de cuatro poblaciones colombiana de dos especies de moscas de las frutas *A. fraterculus* y *A. obliqua*.



Fuente: Autor

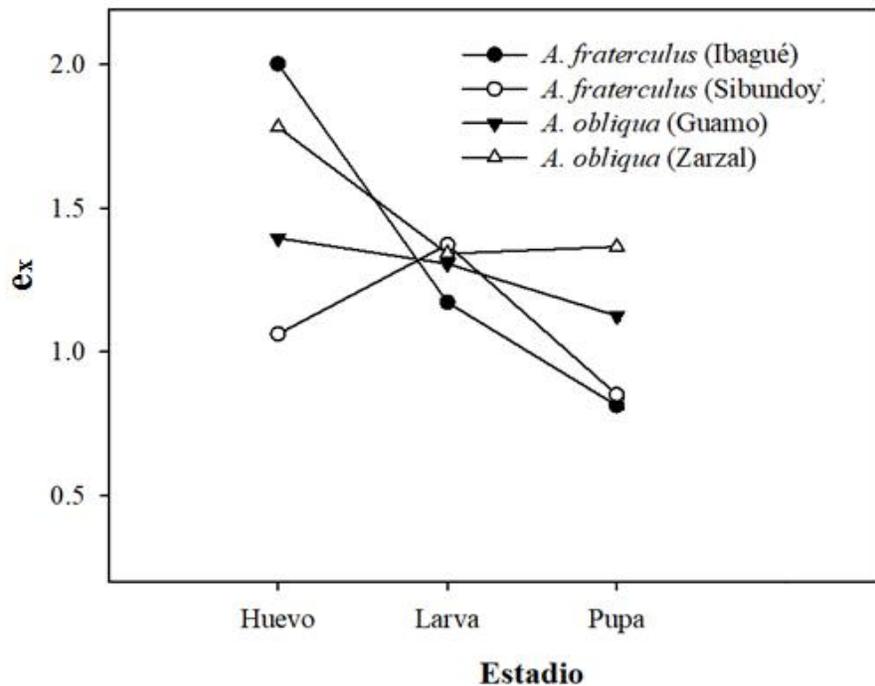
**Figura 2.** Valores de supervivencia  $l_x$  de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua*.



Fuente: Autor

La esperanza de vida ( $ex$ ) refleja el número de estadios probables que sobrevivirán los individuos en determinado estadio, es por esto que en el  $ex$  es mayor en el estadio de huevo y disminuye con el paso al siguiente estadio (Figura 3). La población la expectativa de vida más baja en el estado huevo es Sibundoy, Ibagué es la población con el  $ex$  más alto en este estadio, seguida de Zarzal. Aunque los valores de  $ex$  no son muy lejanos entre las cuatro poblaciones, se observa que las poblaciones de *Anastrepha obliqua* presentan una mayor expectativa de vida en comparación a las de *A. fraterculus*, debido a que en Ibagué y Sibundoy se presenta una mayor mortalidad, disminuyendo las probabilidades de los individuos de llegar al estado adulto.

**Figura 3.** Valores de esperanza de vida  $ex$  de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua*.

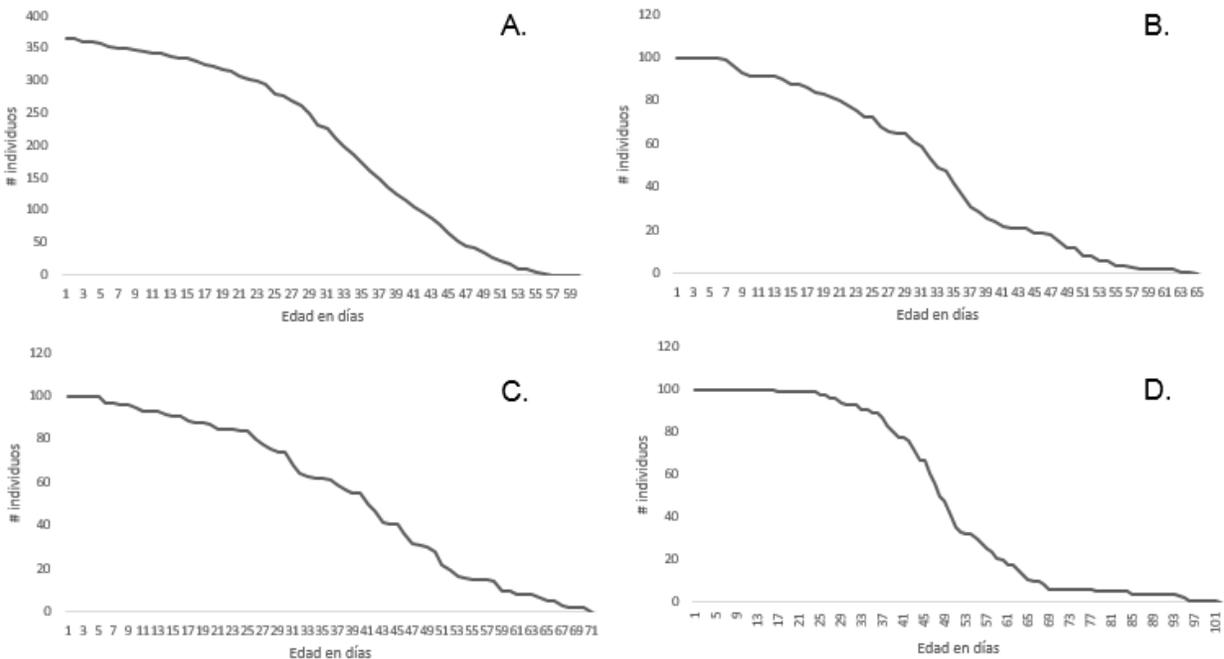


Fuente: Autor.

La duración de los individuos en estado adulto es en promedio de 52,05 días para Ibagué, 53 para Sibundoy, 59,5 para Guamo y 69,9 para Zarzal. La supervivencia de los adultos se revisó diariamente hasta la muerte del último individuo, es así que la población de Ibagué tuvo una duración total de 59 días (Figura 4A), Sibundoy tuvo 5 días más de

duración que Ibagué (Figura 4B), las poblaciones de *A. obliqua* vivieron más días que las de *A. fraterculus*, Guamo duro un total de 70 días (Figura 4C), Zarzal fue la población con mayor duración con 101 días (Figura 4D). Las curvas de supervivencia de las poblaciones muestran una mayor supervivencia en los primeros días hasta un punto en el tiempo en que empieza decrecer la supervivencia al aumentar la mortandad de individuos; estas curvas de supervivencia de adultos corresponden al tipo de curva I. Un estudio realizado por Chaverri et al., (1999) de supervivencia de *A. obliqua* obtuvo un promedio de duración d 53 días, otros reportes hablan de 90 días hasta 175 días (Bressan & da Costa-Teles, 1991; Liedo, Carey, Celedoni & Guillen, 1992).

**Figura 4.** Curva de supervivencia de los adultos de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima. **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle.



Fuente: Autor.

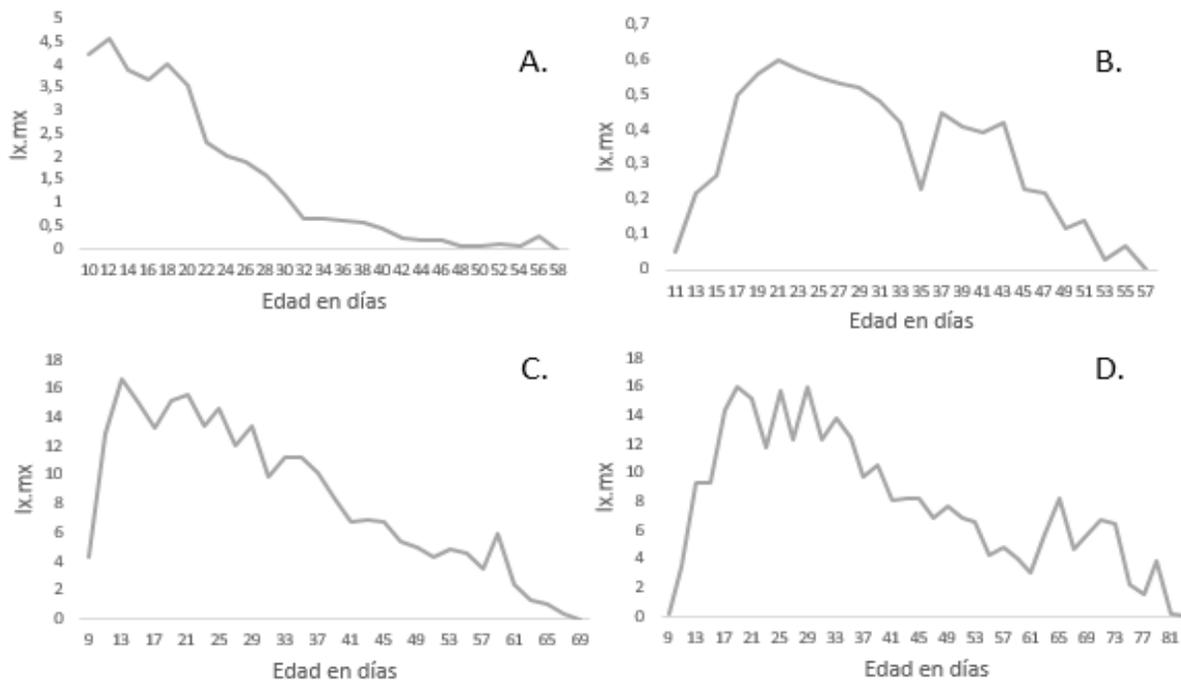
Entre machos y hembras se observa una diferencia en la duración de su estado adulto; las hembras viven unos días más que los machos en todas las poblaciones, en Ibagué las hembras viven en promedio 56,3 días, los machos viven 47,8; en Sibundoy las hembras viven 58 días en promedio mientras los machos viven 48. Joachim-Bravo et al.,

(2003) obtuvieron una duración de las hembras de 115 días en promedio, con un máximo de 190 días de algunas hembras, mientras el 50% de los machos vivieron hasta el día 100, con un máximo de 200 días. En la población de Guamo las hembras viven cerca de los 64 días y los machos 55; las hembras de Zarzal viven alrededor de los 70 días, los machos viven hasta los 68, en el trabajo de Chaverri et al., (1999) las hembras viven en promedio 31,5 días y los machos 29; en otro estudio, las hembras de *A. obliqua* vivieron hasta 160 días y los machos hasta 100 días. Las diferencias entre los resultados de los diferentes estudios pueden deberse no solo a la variabilidad genética de las especies y poblaciones, sino también a diferencias en el mantenimiento de las poblaciones como dieta o el medio de oviposición (Chaverri et al., 1999; Hendrichs et al., 2015).

En cuanto a la reproducción y fecundidad de las poblaciones, la población Ibagué presentó los valores de fecundidad relativa más altos en los primeros días de oviposición (Figura 5A); esta empezó al día 10 después de la emergencia de los adultos, durante los primeros 10 días se presentan los valores altos de oviposición, después el número de huevos decrece con el paso del tiempo, la última fecha de oviposición es en el día 58. Sibundoy, empieza su oviposición el día 11 después de emergencia (Figura 5B) y, a diferencia de Ibagué, la fecundidad es baja al inicio, aumenta rápidamente hasta alcanzar el máximo hacia los 23 días de edad y luego decrece paulatinamente hasta el día 57. Flores et al., (2012) en su estudio mostro que las hembras de *A. fraterculus* empiezan a ovipositar a los 8 días hasta los 68 días. La curva de fecundidad es similar en las dos poblaciones de *A. obliqua*, con oviposiciones bajas los primeros días, un aumento rápido y luego decrece paulatinamente. Las dos poblaciones inician oviposición al noveno día, pero Guamo alcanza su mayor valor desde el día 15 hasta el 20 y Zarzal desde el 20 hasta el 29. En la población Guamo, la oviposición empieza el día 9 (Figura 5C), al igual que Sibundoy, su oviposición empieza en valores bajos hasta alcanzar su máximo, la disminución de la reproducción mayor después del día 33, debido en parte a la mortalidad de las hembras, la oviposición termina al día 69. Por su parte, la población Zarzal comienza su oviposición al día 9 con un porcentaje bajo de reproducción que aumenta rápidamente en los primeros días y empieza a disminuir después del día 35 (Figura 5D), su última oviposición se da en el día 81. En un estudio realizado por Joachim-Bravo et

al., (2003) las hembras de *A. obliqua* empezaron a ovipositar al día 16. En general, las cuatro poblaciones tienen fechas de inicio de reproducción y oviposición cercanas entre los días 9 y 11 después de emergidos, las poblaciones de *Anastrepha obliqua* comienzan su oviposición antes que las poblaciones de *A. fraterculus*, las poblaciones colombianas tienen fechas de inicio de oviposición más rápidas que las poblaciones utilizadas en otros estudios.

**Figura 5.** Valores de  $lx \cdot mx$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima, **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle.

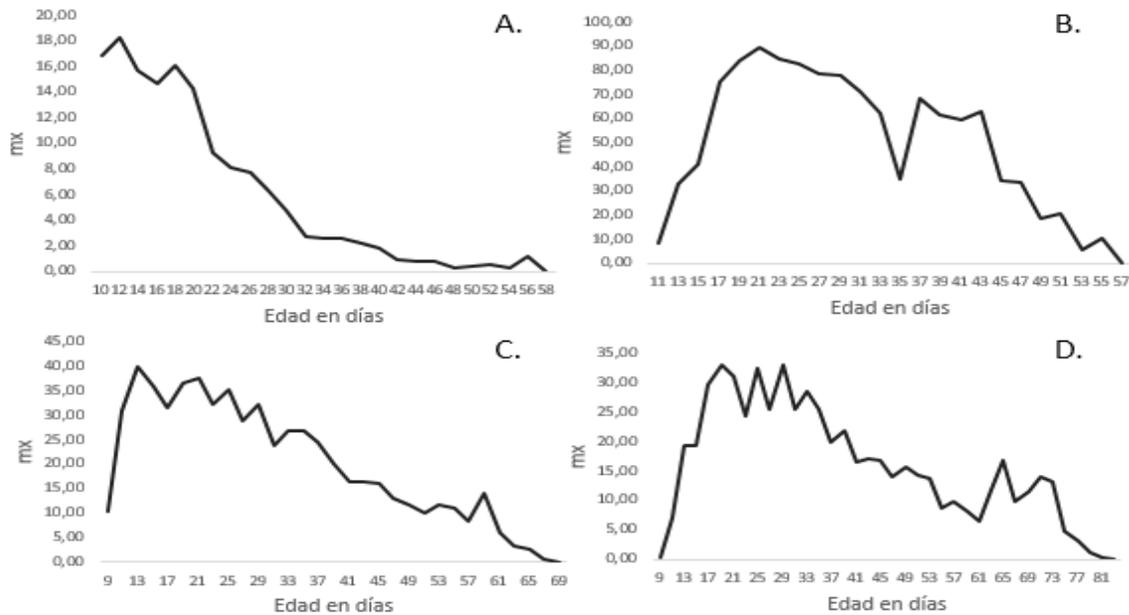


Fuente: Autor.

La fecundidad específica por edad ( $mx$ ), presenta las mismas tendencias que los valores de  $lx \cdot mx$ . La población Ibagué en sus primeros días tiene sus valores de  $mx$  máximos, siendo los días de mayor reproducción, el día de máximo valor es el 12 con un  $mx$  de 18,29 (Figura 6A). Sibundoy, presenta su valor máximo de fecundidad específica (89,79) el día 21 (Figura 6B). En la población Guamo el  $mx$  es bajo en los dos primeros días hasta alcanzar su máximo valor el día 13 con un reporte de 39,76 (Figura 6C). Zarzal,

presenta valores de mx de 32,88, 32,31 y 32,87 en los días 19, 25 y 29, respectivamente (Figura 6D).

**Figura 6.** Valores de mx de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima. **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle.

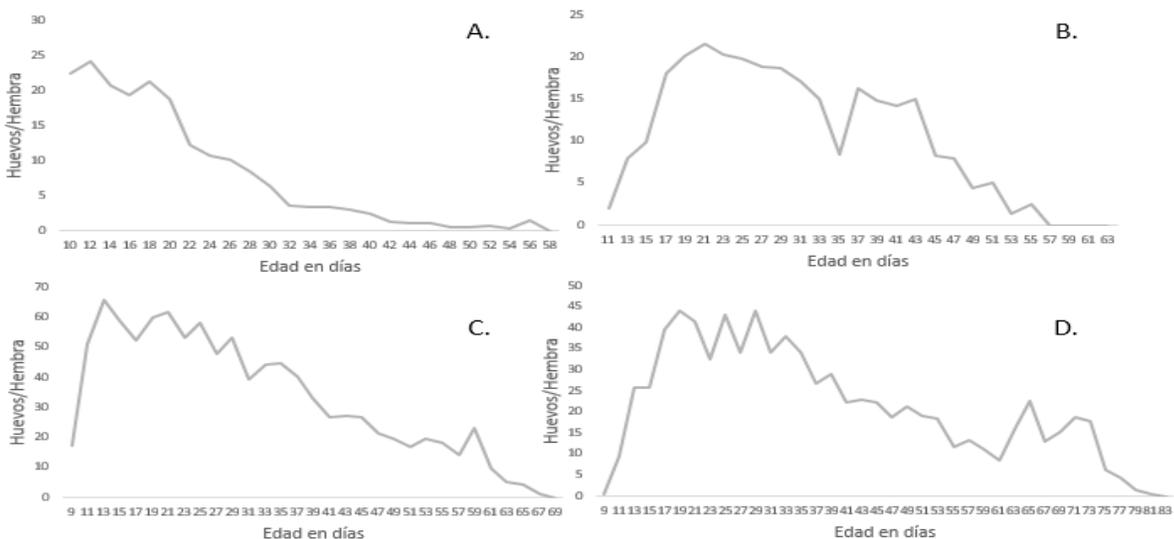


Autor: Fuente.

El periodo de oviposición de las hembras en la población Ibagué fue de 46 días, del día 10 al 56, la mayor oviposición ocurrió en los diez primeros días, donde se produjeron de 18 a 22 huevos por hembra, el pico de máximo oviposición fue el día 12 con 24,14 huevos por hembra, a partir del día 28 el porcentaje de oviposición disminuye con un número de huevos producidos por hembra menor a 10 (Figura 7A); en la población Sibundoy (Figura 7B), el periodo de oviposición fue de 44 días del día 11 al 55, el rango de huevos ovipositados fue de 15 a 21 entre los días 11 al 43, con una excepción el día 35 que tuvo una oviposición de 8 huevos por hembra; el día 21 es el de mayor oviposición (21,55 huevos por hembra), en el trabajo de Flores et al., (2012) el periodo de oviposición de *A. fraterculus* es 60 días con un máximo de oviposición por hembra de 33 huevos, valores similares a los obtenidos en este trabajo. En el caso de Guamo (Figura 7C), el periodo de oviposición fue de 60 días, desde el día 9 al 69, la mayor oviposición por hembra se

presentó entre los días 9 al 29 con un rango de huevos por oviposición de 50 a 65; entre los días 31 al 47 el número de huevos por hembra está entre los 20 y 50 huevos, a partir del día 61 el número de huevos está por debajo de 10, la mayor oviposición se presentó el día 13 con 65,61 huevos por hembra. Zarzal presentó el periodo de oviposición más largo (72 días) desde el día 9 al 81, los días de mayor oviposición fueron del 17 al 35, con 30 a 44 huevos por hembra; la oviposición más baja se presenta en los últimos días entre los días 75 y 81 días con una postura menor a los 10 huevos, los días de mayor número de huevos por hembra fueron 19 y 29 con una oviposición de 44,06 y 44,04, respectivamente (Figura 7D). Joachim-bravo et al., (2003) reportan una duración en el periodo de oviposición de 149 días, con dos picos de máxima oviposición entre los días 21 a 25 y 45 a 55, con un máximo de 35 huevos ovipositados por hembra, estos resultados son mayores a los obtenidos en este; sin embargo, este estudio fue realizado en Brasil por lo tanto se puede presentar una variación entre las poblaciones de ese país con Colombia. Otro estudio de Brasil realizado por Carvalho et al., (1998) demuestra que el periodo máximo de oviposición de *A. obliqua* es entre los primeros 15 a 25 días.

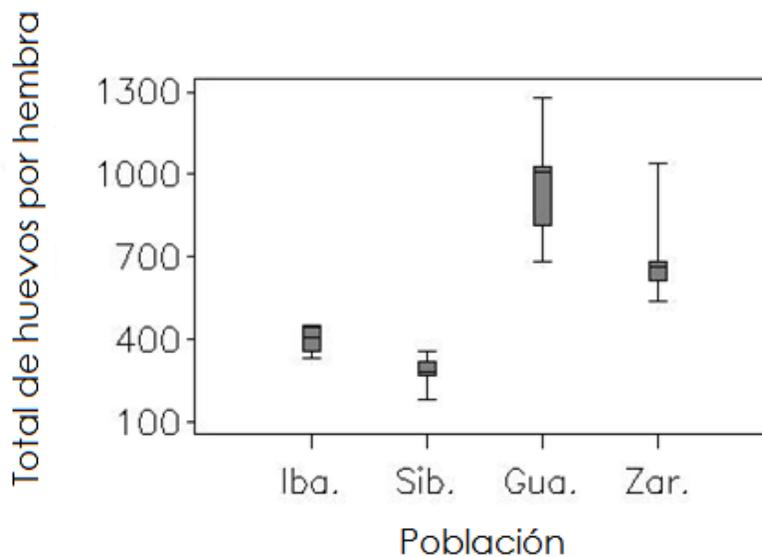
**Figura 7.** Número de huevos por hembra de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. **A.** *Anastrepha fraterculus* Ibagué–Tolima. **B.** *A. fraterculus* Sibundoy–Putumayo. **C.** *A. obliqua* Guamo–Tolima. **D.** *A. obliqua* Zarzal–Valle.



Fuente: Autor.

El promedio de oviposición por hembra de cada población mostró que las poblaciones con menor número de huevos/hembra son las de *Anastrepha fraterculus* Sibundoy 248 huevos e Ibagué con 400 (Figura 8). Entre estas dos poblaciones Sibundoy es la más cercana a un valor de oviposición por hembra reportado por Zart et al. (2010) donde la población estudiada tuvo un valor de  $129.47 \pm 16.38$  huevos totales por hembra, sin embargo, las poblaciones colombianas presentan una oviposición más alta a la reportada en el estudio. La mayor oviposición por hembra se presenta en las poblaciones de *A. obliqua*, Guamo tiene el valor más alto de huevos ovipositados con un promedio de 962 huevos/hembra, mientras que en la población Zarzal una hembra oviposita 709 en promedio en su vida a diferencia de los resultados obtenidos en un estudio realizado por Joachim-Bravo et al. (2003), en donde el número total de huevos ovipositados por una hembra es de  $274.0 \pm 132.37$ ; Carvalho et al., (1998) obtuvieron una media de oviposición de 137 huevos por hembra con un máximo de hasta 356 huevos.

**Figura 8.** Número total de huevos ovipositados por hembra de cada población; *A. fraterculus* Iba: Ibagué-Tolima, Sib: Sibundoy-Putumayo. *A. obliqua* Gua: Guamo-Tolima, Zar: Zarzal-Valle.

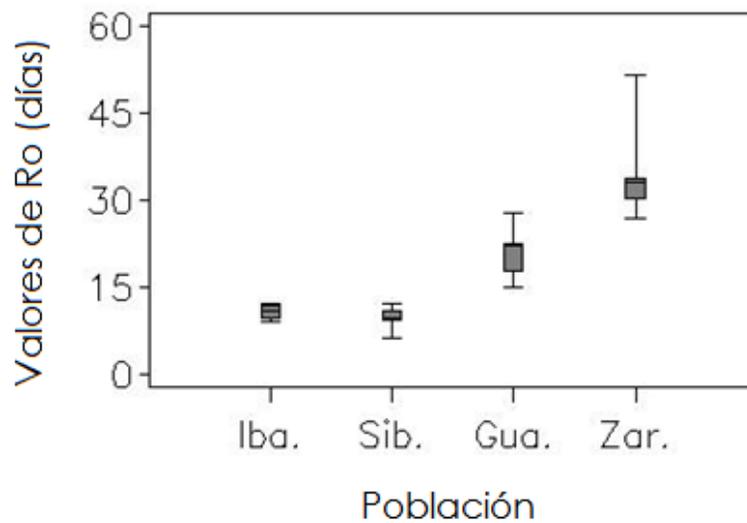


Fuente: Autor.

Los valores de R0 calculados con la técnica de Jackknife se reportan en la Figura 9. En las poblaciones de *Anastrepha fraterculus*, Ibagué presenta una tasa neta de

reproducción de 10,67, lo que quiere decir que en promedio una hembra produce 10,67 hembras, Sibundoy presenta un R0 de 9,61; mostrando que ambas poblaciones tienen una tasa de recambio de hembras por generación cercanos, Flores et al., (2012) obtuvo un R0 de *A. fraterculus* de  $345,38 \pm 44,5$ , con una notable diferencia con los datos obtenidos en este estudio. Por otro lado, las poblaciones de *A. obliqua*, Guamo y Zarzal, tienen valores de R0 de 20,98 y 35,04, respectivamente; siendo Zarzal la población con mayor capacidad de multiplicación por generación (35,04 hembras por hembra). Como los valores de R0 de todas las poblaciones son superiores a 1 significa que las poblaciones se encuentran en crecimiento.

**Figura 9.** Tasa neta de reproducción R0 de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué-Tolima, Sib: Sibundoy-Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo-Tolima, Zar: Zarzal-Valle.

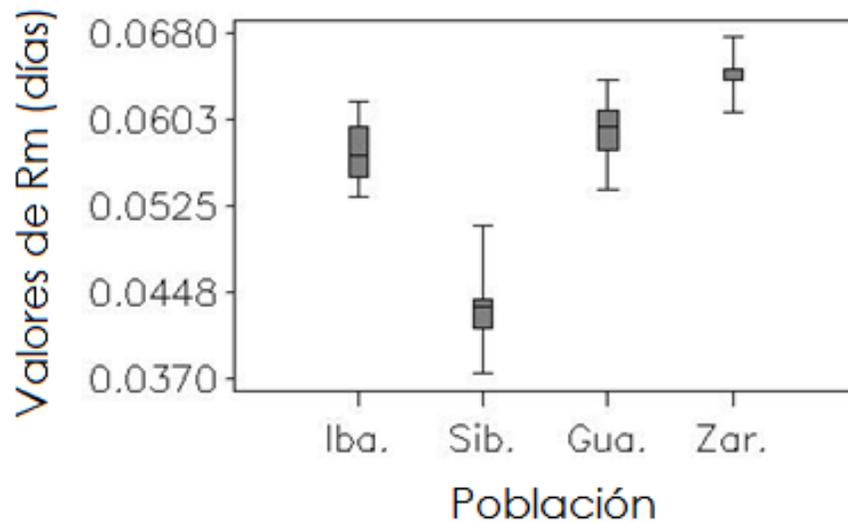


Fuente: Autor.

La tasa intrínseca de crecimiento  $R_m$ , muestra cuantas veces aumenta una población de una generación a otra, el crecimiento instantáneo de una población. Los valores de  $R_m$  se presentan en la Figura 10. Al igual que el R0 las poblaciones con menor tasa de crecimiento  $R_m$  son las de *A. fraterculus*, Sibundoy 0,043 e Ibagué 0,057 estos resultados son más bajos al obtenido por Flores et al., (2012), donde la tasa intrínseca de crecimiento fue de  $0,35 \pm 0,02$ . La población Guamo de *A. obliqua* presenta un  $R_m$

0,059 y la población Zarzal tiene la tasa de crecimiento más alta 0,064. Esto indica, que las poblaciones de *A. fraterculus* tienen un crecimiento poblacional menor a las poblaciones de *A. obliqua*. En general los valores de  $R_m$  muestran un crecimiento de las poblaciones.

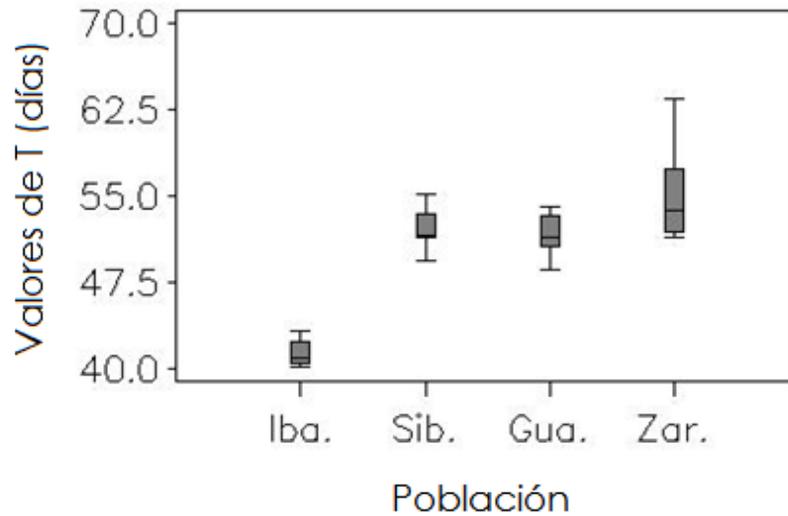
**Figura 10.** Tasa intrínseca de crecimiento  $R_m$  de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué–Tolima, Sib: Sibundoy–Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo–Tolima, Zar: Zarzal–Las Lajas.



Fuente: Autor.

El tiempo generacional  $T$ , es el promedio de días que puede vivir una generación de cada población. La población con el menor tiempo generacional es Ibagué 41,33 días; la población con el mayor valor de  $T$  es Zarzal 55,55 días. Las poblaciones Sibundoy y Guamo presentaron valores de  $T$  cercanos 52,15 y 51,55, respectivamente (Figura 11).

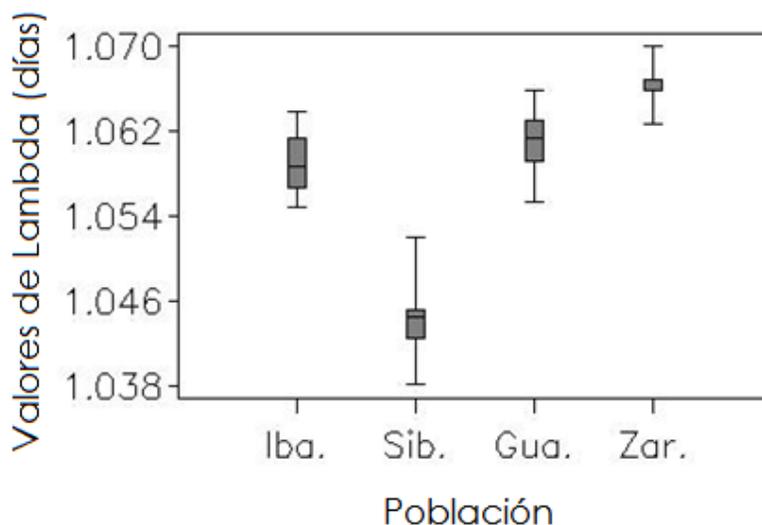
**Figura 11.** Tiempo generacional T de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué-Tolima, Sib: Sibundoy-Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo-Tolima, Zar: Zarzal-Valle.



Fuente: Autor.

Los valores de la tasa finita de crecimiento o lambda de las cuatro poblaciones se presentan en la Figura 12. Estos valores representan el número de individuos que se agregan a la población por individuo y por unidad de tiempo; es decir en las poblaciones de *Anastrepha fraterculus* por cada individuo se agregan 1,059 individuos por día en Ibagué y 1,044 individuos por día en Sibundoy, Flores et al., (2012) en su trabajo obtuvieron un tasa finita de crecimiento de  $1,42 \pm 0,03$ , siendo un valor más alto a los obtenidos en este trabajo; mientras, en las poblaciones de *A. obliqua* las tasas de crecimiento finito son de 1,061 para Guamo y 1,066 para Zarzal. En general, los valores de lambda son muy cercanos lo que demuestra que las poblaciones estudiadas de estas especies tienen un crecimiento poblacional similar.

**Figura 12.** Tasa finita de crecimiento Lambda de cuatro poblaciones colombianas pertenecientes a dos especies de moscas de las frutas. *A. fraterculus*: Iba: Ibagué-Tolima, Sib: Sibundoy-Putumayo. *A. obliqua*: Gua: Guamo-Tolima, Zar: Zarzal-Valle.



Fuente: Autor.

Mediante estimadores de Jackknife se realizó la comparación de los parámetros demográficos entre todas las poblaciones con la prueba de t-student, los valores para cada comparación se encuentran en la Tabla 5. En cada parámetro se encontraron varias comparaciones entre poblaciones sin diferencias en sus valores. En la tasa de reproducción neta ( $R_0$ ), las poblaciones de *Anastrepha fraterculus* Ibagué y Sibundoy con un PBI por encima de 0,05 no presentan diferencia significativa pues sus valores de  $R_0$  son cercanos, las demás comparaciones presentan diferencias. En cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento  $R_m$  la única comparación que no presenta una diferencia alta es entre la población Ibagué de *A. fraterculus* y Guamo de *A. obliqua* con un valor de PBI superior a 0,05. Con respecto al tiempo generacional T, no se presentan diferencias entre las comparaciones de Sibundoy-Guamo, Sibundoy-Zarzal y Guamo-Zarzal con valores de PBI de mayores a 0,05. La tasa de crecimiento lambda L no presenta diferencia en la comparación entre Ibagué y Guamo con un PBI de 0.48188. Las demás comparaciones tienen valores de probabilidad inferiores a los 0,05, debido a que las poblaciones comparadas presentan diferencias significativas en los parámetros evaluados.

**Tabla 5.** Estimadores de Jackknife para los parámetros demográficos R0, Rm, T y lambda de cuatro poblaciones colombianas de dos especies de moscas de las frutas *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua*. Comparaciones de grupos por pares mediante prueba de t-student.

PARAM	GRA	GRB	MED1	STD1	MED2	STD2	PBI
R0	1	2	10,6707	0,72722	9,61060	0,99532	0,41899
R0	1	3	10,6707	0,72722	20,9837	2,21249	0,00740
R0	1	4	10,6707	0,72722	35,0458	4,26404	0,00412
R0	2	3	9,61060	0,99532	20,9837	2,21249	0,00412
R0	2	4	9,61060	0,99532	35,0458	4,26404	0,00316
R0	3	4	20,9837	2,21249	35,0458	4,26404	0,02634
Rm	1	2	0,05730	0,00175	0,04350	0,00215	0,00159
Rm	1	3	0,05730	0,00175	0,05910	0,00167	0,48198
Rm	1	4	0,05730	0,00175	0,06410	0,00110	0,02034
Rm	2	3	0,04350	0,00215	0,05910	0,00167	0,00053
Rm	2	4	0,04350	0,00215	0,06410	0,00110	0,00015
Rm	3	4	0,05910	0,00167	0,06410	0,00110	0,04076
T	1	2	41,3300	0,68769	52,1542	0,99455	0,00006
T	1	3	41,3300	0,68769	51,5750	0,97675	0,00007
T	1	4	41,3300	0,68769	55,5569	2,24363	0,00213
T	2	3	52,1542	0,99455	51,5750	0,97675	0,68870
T	2	4	52,1542	0,99455	55,5569	2,24363	0,21906
T	3	4	51,5750	0,97675	55,5569	2,24363	0,15965
L	1	2	1,05900	0,00186	1,04440	0,00224	0,00157
L	1	3	1,05900	0,00186	1,06090	0,00177	0,48188
L	1	4	1,05900	0,00186	1,06620	0,00117	0,02006
L	2	3	1,04440	0,00224	1,06090	0,00177	0,00051
L	2	4	1,04440	0,00224	1,06620	0,00117	0,00013
L	3	4	1,06090	0,00177	1,06620	0,00117	0,04051

1 Ibagué-Tolima, 2 Sibundoy-Putumayo, 3 Guamo-Tolima, 4 Zarzal-Valle.

## 5. CONCLUSIONES

- Los resultados del presente estudio generaron datos de parámetros demográficos como tasa de reproducción neta  $R_0$ , tasa intrínseca de crecimiento  $R_m$ , tiempo  $T$ , tasa de crecimiento  $\Lambda$  para cada población de dos de las especies cuarentenarias de mayor importancia en Colombia. Este es el primer estudio sobre parámetros demográficos realizado en el país; por tanto, estos resultados pueden ser la base para estudios posteriores en cuanto a biología o para la mejora de estrategias de planes de manejo de estas plagas.
- Las poblaciones de una misma especie presentan diferencias significativas en la biología, pues cada una de ellas presenta diferencias significativas en la duración de cada uno de los estados de desarrollo, igualmente es diferente la biología de las dos especies estudiadas.
- La comparación interespecífica de la duración del ciclo de vida de las especies *Anastrepha fraterculus* y *A. obliqua* muestra que se presentan las diferencias en la duración de los estados; sin embargo, en el tiempo total del ciclo las especies no presentan una diferencia importante.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios con mediciones diarias para disminuir el sesgo de análisis con una mayor cantidad de datos y de forma continua en el tiempo para tener con mayor exactitud datos de duración y cambio de estados. Además, se ve la necesidad de encontrar un método de observación diferente al que se tiene hasta ahora (observación destructiva) para resolver el problema que se presenta en el instar larva II.

## REFERENCIAS

- Aguirre-Ramírez, E., Velasco-Cuervo, S., Gallo-Franco, J., González, R., Carrejo, N. & Toro-Perea, N. (2017). Genetic diversity and population structure of *Anastrepha obliqua* in southwestern Colombia. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 164: 291-304.
- Arévalo, E.; Restrepo, A. & Areiza, M.A. (1997). Las moscas e las rutas del género *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) en el departamento en Antioquia-Colombia. Memorias de Seminario Aconteceres Entomológicos. p. 271 – 282.
- Barón, J. (2004). El proyecto moscas de la fruta en el Tequendama: alianza entre la academia y el sector productivo. Simposio Moscas de las Frutas p. 193 – 196. En: Memorias. XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá.
- Bisognin, M., Nava, D.E., Lisbôa, H., Bisognin, A.Z., Silveira, M., Valgas, A.R., Diez- Rodríguez, G.I., Botton, M. & Corrêa, L.E. (2013). Biología da mosca das frutas sul americana em frutos de mirtilo, amoreira preta, araçazeiro e pitangueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 48(2): 141 – 147.
- Bressan, S., da Costa-Teles, C. (1991). Longevidade e curva de sobrevivência de três espécies do gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera, Tephritidae) *In* laboratório. *Revista Brasileira de Entomologia*. 35(4): 685 – 690.
- Canal, N. (2004). El manejo de moscas de las frutas en Colombia: Realidades y necesidades. Simposio Moscas de las Frutas p. 187 – 191. En: Sociedad Colombiana de Entomología. Memorias XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología.

- Canal, N. (2010). New species and records of *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) from Colombia. *Zootaxa*. 2425: 31 – 44
- Canal, NA.; Hernández-Ortiz, V.; Tigreiro Salas, JO. & Selivon, D. (2015). Morphometric study of third-instar larvae from five morphotypes of the *Anastrepha fraterculus* cryptic species complex (Diptera, Tephritidae). In: De Meyer, M., Clarke, AR., Vera, MT. Hendrichs, J. (Eds). Resolution of Cryptic Species Complexes of Tephritid Pest to Enhance SIT Application and Facilitate International Trade. *Zootaxa*, 540: 41 – 59.
- Carrejo, N.S. & González, R. (1993). Una nueva especie de *Anastrepha* Schiner, 1968 (Diptera: Tephritidae) de Colombia. *Boletín del Museo Entomológico de la Universidad del Valle*. 1(2): 47 – 53.
- Carrejo, N.S. & González, R. (1994). Lista preliminar de las moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) en el departamento del Valle del Cauca, Cali, Colombia. *Boletín del Museo Entomológico de la Universidad del Valle*. 1 (2-1): 85 – 93.
- Carvalho, R.S.; Nascimento, A.S. & Fernandes, E.B. (1998). Dados biológicos de *Anastrepha obliqua* Macquart (Diptera: Tephritidae) em manga. *Anais da Sociedade de Entomológica do Brasil*. 27: 469 – 472.
- Castañeda, MR.; Osorio, FA.; Canal, NA. & Galeano, PE. (2010). Especies, distribución y hospederos del género *Anastrepha* Schiner en el Departamento del Tolima, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 28: 265 – 272.
- Castañeda, MR.; Selivon, D.; Hernández-Ortiz, V.; Soto, A. & Canal, NA. (2015). Morphometric divergence in populations of *Anastrepha obliqua* (Diptera, Tephritidae) from Colombia and some Neotropical locations. In: De Meyer, M., Clarke, AR., Vera, MT. Hendrichs, J. (Eds). Resolution of Cryptic Species

- Complexes of Tephritid Pest to Enhance SIT Application and Facilitate International Trade. *Zootaxa*. 540: 61 – 81.
- Cavalloro, R. (Ed.). (1983). Fruit Flies of Economic Importance. A.A. Bolckema, Rotterdam, Netherlands, xii p. 642.
- Celedonio-Hurtado, H.; Liedo, P.; Aluja, M.; Guillen, J.; Berrigan, D.A. & Carey, J. (1988). Demography of *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* and *A. serpentina* (Diptera, Tephritidae) in Mexico. *Florida Entomology*. 71: 111 – 120.
- Chaverri, L.; Soto-Manitú, J. & Jirón, L. (1999). Notas sobre la biología y ecología de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae), plaga de plantas anacardiáceas en América Tropical. II. Formas adultas. *Agronomía Mesoamericana*. 10(2): 99 – 102.
- Cladera, J.L.; Vilardi, J.C.; Juri, M.; Paulin, L.E.; Giardini, M.C.; Gomez, P.V.; Segura, D. & Lanzavecchia, S. (2014). Genetics and biology of *Anastrepha fraterculus*: research supporting the use of the sterile insect technique (SIT) to control this pest in Argentina. *BMC Genetics*. 15(2): 2 – 14.
- FAO. (2016). Establecimiento de áreas libres de plagas para moscas de la fruta (Tephritidae). Secretaria de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Recuperado de FAO: <http://www.fao.org/3/a-k7557s.pdf>
- Flores, H., Hernández, E. & Toledo, J. (2012). Desarrollo de un sistema de cría artificial para *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). *Acta Zoológica Mexicana*. 28(2): 321 – 340.
- Hendrichs, J.; Vera, M.T.; De Meyer, M. & Clarke, A.R. (2015). Resolving cryptic species complexes of major tephritid pest. In: De Meyer, M., Clarke, A.R., Vera, M.T. Hendrichs, J. (Eds). Resolution of Cryptic Species Complexes of Tephritid Pest to Enhance SIT Application and Facilitate International Trade. *Zootaxa*. 540: 5 – 39.

- Hernández-Ortiz, V. (1992). El género *Anastrepha* Schiner en México (Diptera: Tephritidae) Taxonomía, Distribución y sus Plantas Huéspedes. Instituto de Ecología, Sociedad Mexicana de Entomología. Xalapa. México. p. 162.
- Hernández-Ortiz, V. (1993). Taxonomy, distribution, and natural host plants of *Anastrepha* fruit flies in Mexico, pp. 32 – 34. En: Aluja, M.; Liedo, P. (eds.). Fruit flies: biology and management, Springer-Verlag New York, Inc. Washington.
- Hernández-Ortiz, V. (2003). Familia Tephritidae: Clasificación actual, relaciones filogenéticas y distribución de taxa Americanos. Memorias del XV curso internacional sobre moscas de la fruta, Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la Fruta, Programa MOSCAMED-MOSCAFRUT SAGARPA-IICA. Metapa de Domínguez, Chiapas. pp. 11 – 23 (manuscrito inédito).
- Hernández-Ortiz, V. & Aluja, M. (1993). Listado de especies del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. *Folia Entomológica Mexicana*. 33: 88 – 105.
- Hernández-Ortiz, V., Gómez-Anaya, J.A., Sánchez, A., Mcpheron, B.A. & Aluja, M. (2004). Morphometric analysis of Mexican and South American populations of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae) and recognition of a distinct Mexican morphotype. *Bulletin of Entomological Research*, 94: 487 – 499.
- Hernández-Ortiz, V.; Bartolucci, A.; Morales-Valles, P.; Frias, D. & Selivon, D. (2012). Cryptic species of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae). A multivariate Approach for the recognition of South American morphotypes. *Entomological Society of America*. 105 (2): 305 – 318.
- Hernández-Ortiz, V.; Canal, N.A.; Tigrero, J.; Ruíz-Hurtado, F. & Dzul-Cauich, J. (2015). Taxonomy and phenotypic relationships of the *Anastrepha fraterculus* complex in

- the Mesoamerican and Pacific Neotropical dominions (Diptera, Tephritidae). In: De Meyer, M., Clarke, AR., Vera, MT. Hendrichs, J. (Eds). Resolution of Cryptic Species Complexes of Tephritid Pest to Enhance SIT Application and Facilitate International Trade. *Zootaxa*. 540: 95 – 124.
- ICA. (2005). Las moscas de la fruta. Boletín de Sanidad Vegetal 44.
- Jaldo, H., Willink, E & Leido, P. (2007). Demographic analysis of mass-reared *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Tucumán, Argentina. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*. 18(1).
- Joachim-Bravo, I.; Magalhas, T.; da Silva, A.; Guimaraes, A. & Nascimento, A. (2003). Longevity and Fecundity of Four Species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Ecology, Behavior and Bionomics. *Neotropical Entomology*. 32(4): 543 – 549.
- Korytkowski, G.C. & Ojeda, P.D. (1968). Especies del género *Anastrepha* Schiner 1868 en el noreste Peruano. *Revista Peruana de Entomología*. 11(1): 32 – 70.
- Larriva, W.; León, F. & Ortiz, A. (1985). Hospederos, Distribución y Dinámica Poblacional de las Moscas de la fruta en los cantones Paute y Gualaceo, Provincia del Azuay-Ecuador. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Cuenca. p. 285.
- Liedo, P., Carey, J.R., Celedonio, H. & Guillen, J. (1992). Size specific demography of three species of *Anastrepha* fruit flies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63: 135 – 142.
- Martínez, J. (2007). Nuevos registros del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) para Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 33(1): 36 – 42.

- Martínez, J. & Serna, F. (2005). Identificación y localización geográfica de especies del género *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) en Cundinamarca (Colombia). *Agronomía Colombiana*. 23 (1): 102 – 111.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Estadística sector agropecuario. Recuperado en: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Miranda, D.M. (2011). Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo. *Brasileira de Fruticultura Jaboticabal* – SP. Volumen especial: 199 – 205.
- Norrbom, A.L. (1991). The species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) with *A. grandis*-type wing pattern. *Proceedings Entomological Society of Washington*. 93(1): 101 – 124.
- Norrbom, A.L. (1997). Revision of the *Anastrepha benjamini* species group and the *A. pallidipennis* complex (Diptera: Tephritidae). *Insecta Mundi*. 11(2): 141 – 157.
- Norrbom, A.L. (2002). A revision of the *Anastrepha serpentina* species group (Diptera: Tephritidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 104(2): 390 – 436.
- Norrbom, A.L. (2004). Updates to Biosystematic Database of World Diptera for Tephritidae through 1999. Diptera Data Dissemination Disk 2. Recuperado de [www.sel.barc.usda.gov:591/diptera/Tephritidae/TephIntro.html](http://www.sel.barc.usda.gov:591/diptera/Tephritidae/TephIntro.html).
- Norrbom, A.L. & Kim, K.C. (1988). A list of the reported host plantas of the species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). USDA/APHIS. 81 – 52, p. 114.

- Norrbom, A.L. & Foote, R.H. (1989). The taxonomy of the genus *Anastrepha* (Dip: Tephritidae). p. 15 – 25. En: Robinson, A.S. y G. Hooper (eds.). Fruit flies their biology, natural enemies and control. Vol. 3. Elsevier Science Publ., Amsterdam.
- Norrbom, A.L.; Zucchi, R.A. & Hernández-Ortiz, V. (1999). Chapter 12 Phylogeny of the genus *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini) based on morphology. p. 299 – 342. En: Aluja, M.; Norrbom, A. L. (eds.). Fruit flies (Tephritidae): Phylogeny and evolution of behavior. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Norrbom, A.L.; Korytkowski, CH.; Gonzales, F. & Orduz, B. (2005). A new species of *Anastrepha* from Colombia related to Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 31(1): 67 – 70.
- Norrbom, A.L., Rodríguez, E.J., Steck, G.J., Sutton, B.A. & Nolazco, N. (2015). New species and host plants of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) primarily from Peru and Bolivia. *Zootaxa*, 4041 (1): 1–94.
- Núñez L. (1981). Contribución al reconocimiento de las moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) en Colombia. *Revista del Instituto Colombiano Agropecuario*. 16: 173 – 179.
- Núñez, L. (1988). Las moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae). *Sociedad Colombiana de Entomología Miscelánea*. 5: 3 – 15.
- Núñez, L. y R. Guzmán. 1999. Avances sobre la cría artificial de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) en Colombia. pp. 85-94. In: International Atomic Energy Agency (IAEA) (ed.). The South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* (Wied.); advances in artificial rearing, taxonomic status and biological studies. IAEA-TECDOC-1064. Vienna, Austria. 202 p.

- Núñez, L.B.; Santos, R.G.; Guarín, G. & León G. (2004). Moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) y parasitoides asociados con *Psidium guajava* L. y *Coffea arabica* L. en tres municipios de la Provincia de Vélez (Santander, Colombia). Parte 2: Identificación y evaluación de parasitoides del Orden Hymenoptera. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 5(1): 13 – 21.
- Lellani-Baños, H., Alemán, J., Martínez, M. D. L. Á., Miranda, I., Rodríguez, H., Suris, M., & Ravelo, J. (2012). Ciclo y tablas de vida horizontal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) sobre *Muralla paniculata* L. *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 95-101.
- ODEPA. (2010). El mercado de fruta fresca 2010 Enero 2011 – ODEPA. Chile. p. 11.
- Olarte, W. (1987). Control integrado de las moscas de las frutas *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 13(1): 12 – 18.
- Portilla, M.; González, G. & Núñez, L. (1994). Infestación, reconocimiento e identificación de moscas de las frutas y sus enemigos naturales en café. *Revista Colombiana de Entomología*. 20 (4), pp. 261- 266.
- Rodríguez, A.; Quenta, E. & Molina, P. (1996). Control Integrado de moscas de la fruta. Ministerio de Agricultura. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Programa Nacional de moscas de la fruta. Senasa, Perú. p.54.
- Rodríguez, P.; Norrbom, A., Arévalo, E., Balseiro, F., Díaz, P., Benitez, M., Gallego, J., Cruz, M., Montes, J., Rodríguez, E., Steck, G., Sutton, B., Ramos, E., Lagrava, J. & Colque, F. (2018). New records of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) primarily from Colombia. *Zootaxa*. 4390(1).

- Ruiz-Arce, R.; Barr, N.; Owen, C.L.; Thomas, D.B. & McPheron, B.A. (2012). Phylogeography of *Anastrepha obliqua* inferred with mtDNA sequencing. *Journal of Economic Entomology*. 105(6): 2147 – 2160.
- Sarmiento, C.; Aguirre, H. & Martínez, J. (2012). *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) y sus asociados: Dinámica de emergencia de sus parasitoides en frutos de tres especies de plantas. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*. 13(1): 25 – 32.
- Selivon, D., & Perondini, A.L.P. (2007). Especies crípticas del complejo *Anastrepha fraterculus* en Brasil. En: Hernández-Ortiz V. (ed). *Moscas de la fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae): diversidad, biología y manejo*. S y G editores, México D.F. p 101 - 118.
- Smith-Caldas, M., McPheron, B.A., Silva, J. G. & Zucchi, R. (2001). Phylogenetic Relationships among Species of the *Fraterculus* Group (*Anastrepha*: Diptera: Tephritidae) Inferred from DNA Sequences of Mitochondrial Cytochrome Oxidase I. *Neotropical Entomology* 30(4), 565-573.
- Soto-Manitiu, J.; Chaverri, L. & Jirón, L. (1997). Notas sobre la biología y ecología de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae), plaga de plantas anacardiáceas en América Tropical. I. Formas inmaduras. *Agronomía Mesoamericana*. 8(2): 116 – 120.
- Steyskal, G.C. (1977). Pictorial Key to species of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Entomology Society of Washington, Washington DC.
- Stone, A. (1942). The fruit flies of the genus *Anastrepha*. p. 112. En: USDA Miscellaneous Publications 493. Washington, DC.

- Sutton, BD., Steck, GJ., Norrbom, AL., Rodríguez, EJ., Srivastava, P., Alvarado, NN., Colque, F., Landa, EY., Sánchez, J.J.L., Quisberth, E., Peñaranda, EA., Clavijo, PAR., Alvarez-Baca, JK., Zapata, TG., Ponce, P. (2015). Nuclear ribosomal internal transcribed spacer 1 (ITS1) variation in the *Anastrepha fraterculus* cryptic species complex (Diptera, Tephritidae) of the Andean region. In: De Meyer M, Clarke AR, Vera MT, Hendrichs J (Eds) Resolution of Cryptic Species Complexes of Tephritid Pests to Enhance SIT Application and Facilitate International Trade. *ZooKeys* 540: 175–191.
- Vaníčková L, Břízová R, Pompeiano A, Ferreira LL, de Aquino NC, Tavares RF, Rodriguez LD, Mendonça AL, Canal NA, do Nascimento RR. (2015). Characterisation of the chemical profiles of Brazilian and Andean morphotypes belonging to the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera, Tephritidae). In: De Meyer M, Clarke AR, Vera MT, Hendrichs J (Eds) Resolution of Cryptic Species Complexes of Tephritid Pests to Enhance SIT Application and Facilitate International Trade. *ZooKeys* 540: 193–209.
- Vélez A., R. (1997). Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: Bionomía y manejo integrado. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. p. 418 – 430.
- White, I.M. & M.M. Elson-Harris. (1992). Fruit flies of economic significance: their identifications and bionomics. CAB International, Wallingford, UK.
- White, IM. & Elson-Harris, MM. (1994). Fruits files economic significance: their identification and bionomics. CAB International, Wallinaford, Oxon, UK and The Australian Center for Agricultural Research. Canberra, p. 601.
- Yepes R., F. & Vélez A., R. (1989). Contribución al conocimiento de las moscas de las frutas (Tephritidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* (Medellín). 42(2): 73 – 98.

- Zabala, D. (2015). Caracterización molecular y análisis filogenético de poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y *Anastrepha obliqua* en Colombia. (Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas). Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima, Ibagué.
- Zart, M., Fernandes, O.A. & Botton, M. (2010). Biology and Fertility life table of the South American fruit fly *Anastrepha fraterculus* on grape. *Bulletin of Insectology*. 63(2): 237 – 242.
- Zucchi, E.L., Canal, N.A. & Uchoa, M.A. (Sin fecha). La mosca sudamericana de las frutas, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) en el Brasil. Consultado el 20 de Junio de 2017. Disponible en, [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/30/007/30007838.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/30/007/30007838.pdf).

	<b>PROCEDIMIENTO DE FORMACIÓN DE USUARIOS</b>	Página <b>1</b> de <b>3</b>
	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	Código: GB-P04-F03
		Versión: 03

Los suscritos:

Isda Sánchez Reinoso	con C.C N°	1 106 783 579
_____	con C.C N°	_____
_____	con C.C N°	_____
_____	con C.C N°	_____

Manifiesto (an) la voluntad de:

**Autorizar**     

**No Autorizar**            **Motivo:** \_\_\_\_\_

La consulta en físico y la virtualización de **mi OBRA**, con el fin de incluirlo en el repositorio institucional de la Universidad del Tolima. Esta autorización se hace sin ánimo de lucro, con fines académicos y no implica una cesión de derechos patrimoniales de autor.

Manifestamos que se trata de una OBRA original y como de la autoría de LA OBRA y en relación a la misma, declara que la UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, se encuentra, en todo caso, libre de todo tipo de responsabilidad, sea civil, administrativa o penal (incluido el reclamo por plagio).

Por su parte la UNIVERSIDAD DEL TOLIMA se compromete a imponer las medidas necesarias que garanticen la conservación y custodia de la obra tanto en espacios físico como virtual, ajustándose para dicho fin a las normas fijadas en el Reglamento de Propiedad Intelectual de la Universidad, en la Ley 23 de 1982 y demás normas concordantes.

La publicación de:

Trabajo de grado	<input checked="" type="checkbox"/>	Artículo	<input type="checkbox"/>	Proyecto de Investigación	<input type="checkbox"/>
Libro	<input type="checkbox"/>	Parte de libro	<input type="checkbox"/>	Documento de conferencia	<input type="checkbox"/>
Patente	<input type="checkbox"/>	Informe técnico	<input type="checkbox"/>		
Otro: (fotografía, mapa, radiografía, película, video, entre otros)					<input type="checkbox"/>

Producto de la actividad académica/científica/cultural en la Universidad del Tolima, para que con fines académicos e investigativos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad del Tolima.

	<b>PROCEDIMIENTO DE FORMACIÓN DE USUARIOS</b>	Página <b>2</b> de <b>3</b>
	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	Código: GB-P04-F03
		Versión: 03

Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo final a la Biblioteca Rafael Parga Cortes de la Universidad del Tolima.

**De conformidad con lo establecido en la Ley 23 de 1982 en los artículos 30** “...Derechos Morales. El autor tendrá sobre su obra un derecho perpetuo, inalienable e irrenunciable” y 37 “...Es lícita la reproducción por cualquier medio, de una obra literaria o científica, ordenada u obtenida por el interesado en un solo ejemplar para su uso privado y sin fines de lucro”. El artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” y en su artículo 61 de la Constitución Política de Colombia.

- Identificación del documento:

**BIOLOGÍA COMPARADA DE POBLACIONES COLOMBIANAS DE *Anastrepha fraterculus* Y *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE).**

- Trabajo de grado presentado para optar al título de:

---

- Proyecto de Investigación correspondiente al Programa (No diligenciar si es opción de grado “Trabajo de Grado”):

---

- Informe Técnico correspondiente al Programa (No diligenciar si es opción de grado “Trabajo de Grado”):

---

- Artículo publicado en revista:

---

- Capítulo publicado en libro:

---

- Conferencia a la que se presentó:

---

	<b>PROCEDIMIENTO DE FORMACIÓN DE USUARIOS</b>	Página <b>3</b> de <b>3</b>
	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	Código: GB-P04-F03
		Versión: 03

Quienes a continuación autentican con su firma la autorización para la digitalización e inclusión en el repositorio digital de la Universidad del Tolima, el:

Día: **07** Mes: **Septiembre** Año: **2018**

Autores:

Firma

Nombre: Isda Sánchez Reinoso



C.C. 1 106 783 579

Nombre: \_\_\_\_\_

C.C. \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

C.C. \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

C.C. \_\_\_\_\_

El autor y/o autores certifican que conocen las derivadas jurídicas que se generan en aplicación de los principios del derecho de autor.