



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE MEDICINA  
LICENCIATURA EN CIENCIA FORENSE**

Facultad de Medicina



**RIQUEZA DE DÍPTEROS DE LA FAMILIA  
FANNIIDAE DE IMPORTANCIA FORENSE, EN  
LA RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE  
SAN ÁNGEL**

**T E S I S  
T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADA EN CIENCIA FORENSE**

**P R E S E N T A:**

**ESMERALDA PAOLA HERNANDEZ TREJO**



**CIENCIA  
FORENSE**  
U N A M

**DIRECTOR DE TESIS /TESINA:  
DR, CARLOS SALVADOR PEDRAZA LARA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

---

A la Dra. Zoraida García Castillo, la Red Temática Nacional en Ciencia Forense y la Universidad Nacional Autónoma de México ya que parte del financiamiento se obtuvo del proyecto PAPIIT IA205020.

A la M. en C. Laura Márquez Valdelamar del Laboratorio de Secuenciación Genómica de la Biodiversidad y de la Salud del Instituto de Biología de la UNAM, por facilitar las instalaciones y equipos necesarios para algunas actividades de este proyecto.

A la M. en C. Andrea Rubí Jiménez Marín del Laboratorio de Biología Molecular de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM, por facilitar las instalaciones y equipos necesarios para algunas actividades de este proyecto.

Al Dr. Christian Adrián Cárdenas Monroy, técnico de la Licenciatura en Ciencia Forense, por su apoyo en el Laboratorio de Entomología.

A todos aquellos alumnos y servicios sociales que formaron parte del equipo de recolecta para conformar el esfuerzo de muestreo.

## **AGRADECIMIENTOS A TITULO PERSONAL**

---

Muchas personas y situaciones son las que me hacen sentir infinitamente agradecida . Sin embargo, me cuesta plasmar en palabras y con exactitud mis sentimientos, espero que los siguiente agradecimientos cumplan su objetivo y transmitan mi eterna y sincera gratitud a sus destinatarios.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser un pilar fundamental en mi formación académica y personal.

A la Licenciatura en Ciencia Forense, por ser mi segundo hogar y darme la oportunidad de conocer gente estupenda y maravillosa que han influido gratamente en mí, tanto en el ámbito profesional como en el ámbito personal.

Al Dr. Carlos Pedraza, por brindarme con suma paciencia su asesoría, conocimiento y tiempo, para orientarme y lograr la culminación exitosa de esta tesis.

Al equipo de sinodales, la Dra. Livia León, el Dr. Roberto Flores y el Dr. Robert Jones, por las pertinentes observaciones y correcciones que amablemente hicieron a mi trabajo.

A la Ing. Chantal Loyzance por siempre resolver con paciencia y disponibilidad mis dudas respecto al proceso de titulación.

Al M. en C. Leonardo García-Vázquez, por compartir conmigo un poco de su conocimiento, por su apoyo y amistad sincera.

A Viridiana Guzmán, por su incondicional amistad durante todos estos años, por escuchar y leer mis arrebatos de estrés y motivarme a seguir adelante con mis proyectos. Un agradecimiento especial merece la empatía y compañía que me mostraste en ese momento que, sin lugar a duda, ha sido el más triste y doloroso de mi vida.

A mi querido y admirado Grupito: Mario, Brenda y Zacnité, amistades invaluableles que me regaló la LCF, por acompañarme durante mi vida universitaria y servir de figuras inspiradoras en innumerables ocasiones.

A mi familia, por mostrarme su incondicional apoyo desde siempre y sobre todo el día que les dije “no me da miedo ver muertos”. No sabía a lo que me enfrentaba al elegir la carrera de Ciencia Forense: días incontables de estrés, noches de desvelo, privarme de tantas convivencias con ustedes por estudiar o hacer la tarea. Sin embargo, gracias a su cariño, apoyo y comprensión he logrado llegar hasta este momento.

A mis abuelitos amados, Romualda Abreo y Santo Trejo, por ser pilares primordiales en mi vida, por mostrarme lo que es el verdadero amor, por consentirme y apoyarme incondicionalmente.

Un especial agradecimiento a mis padres. A mi mamá Erika Trejo, por ser la persona que más admiro en este mundo. Siempre tan amorosa, luchadora, comprensiva, mujer que no se deja vencer por nada, me inspiras a seguir adelante todos los días de la vida, a vencer mis miedos y conseguir mis objetivos a pesar de mis “limitaciones” y a vivir la vida de forma que te sientas orgullosa de mí. A mi papá Noé Hernández, por quererme a pesar de nuestras diferencias, por servirme de ejemplo de humildad y mostrarme aquellas cosas de la vida y las personas que valen la pena y esas otras que debo evitar con persistencia por ser malas para la felicidad.

***Con amor a mi familia,  
a mi mamá, la mayor inspiración de mi vida  
y a mi yéye, no pasa día en que no te extrañe.***

*Me gusta pensar en la Primer Ley de la Termodinámica:  
que la energía en el Universo no se crea ni se destruye.  
Eso significa que cada parte de energía dentro de nosotros,  
cada partícula será parte de algo más.  
Tal vez viva como un pez dragón, como un microbio,  
tal vez arda en una supernova en diez billones de años.  
Y cada parte de nosotros ahora, alguna vez fue parte de algo más:  
una luna, una nube de tormenta, un mamut!  
Miles y miles de otras cosas hermosas,  
que estuvieron tan aterradas de morir como nosotros ahora.  
Les dimos vida nueva. Una buena, espero.  
— Jemma Simmons.*

## LISTA DE ABREVIACIONES

|                    |                                                                                                                         |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AM</b>          | Área Metropolitana                                                                                                      |
| <b>BLAST</b>       | Herramienta Básica de Búsqueda de Alineación Local.                                                                     |
| <b>CARF</b>        | Colección de Artrópodos de Referencia Forense.                                                                          |
| <b>CDMX</b>        | Ciudad de México.                                                                                                       |
| <b>COI</b>         | Citocromo c oxidasa subunidad I.                                                                                        |
| <b>CONABIO</b>     | Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la de Biodiversidad                                                     |
| <b>CPL</b>         | Voucher alfanumérico utilizado para los individuos de la Colección de Artrópodos de Referencia Forense de la LCF, UNAM. |
| <b>DGA</b>         | Días Grados Acumulado                                                                                                   |
| <b>DNA</b>         | Ácido desoxirribonucleico                                                                                               |
| <b>dNTPs</b>       | Desoxirribonucleótidos trifosfatos                                                                                      |
| <b>Edo. Mex.</b>   | Estado de México                                                                                                        |
| <b>EMBL-EBI</b>    | Instituto Europeo de Bioinformática del Laboratorio Europeo de Biología Molecular.                                      |
| <b>ENA</b>         | Archivo Europeo de Nucleótidos                                                                                          |
| <b>FES</b>         | Facultad de Estudios Superiores                                                                                         |
| <b>iBOL</b>        | Código de Barras Internacional de la Vida                                                                               |
| <b>ID</b>          | Identidad                                                                                                               |
| <b>%ID</b>         | Porcentaje de Identidad.                                                                                                |
| <b>ICZN</b>        | Comisión Internacional en Nomenclatura Zoológica                                                                        |
| <b>IPM</b>         | Intervalo post-mortem.                                                                                                  |
| <b>LCF</b>         | Licenciatura en Ciencia Forense                                                                                         |
| <b>NCBI</b>        | Centro Nacional para la Información Biotecnológica.                                                                     |
| <b>NJ</b>          | Neighbour Joining                                                                                                       |
| <b>OTU</b>         | Unidad Operativa Taxonómica                                                                                             |
| <b>PCR</b>         | Reacción en Cadena de la Polimerasa                                                                                     |
| <b>REPSA</b>       | Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.                                                                            |
| <b>RNA</b>         | Ácido Ribonucleico.                                                                                                     |
| <b>rpm</b>         | Revoluciones por minuto                                                                                                 |
| <b>S estimada</b>  | Riqueza de especies estimada                                                                                            |
| <b>S verdadera</b> | Riqueza de especies verdadera u observada.                                                                              |
| <b>UNAM</b>        | Universidad Nacional Autónoma de México                                                                                 |
| <b>ZTM</b>         | Zona de transición Mexicana.                                                                                            |

# ÍNDICE

pág

## 1. INTRODUCCIÓN

|        |                                                               |    |
|--------|---------------------------------------------------------------|----|
| 1.1.   | Insectos.....                                                 | 1  |
| 1.2.   | Riqueza de especies.....                                      | 1  |
| 1.3.   | Factores que determinan la diversidad de los insectos.....    | 2  |
| 1.4.   | Diversidad y Ecología de dípteros.....                        | 4  |
| 1.4.1. | Gremios tróficos en insectos.....                             | 4  |
| 1.5.   | Entomología Forense.....                                      | 5  |
| 1.5.1. | Sucesión de entomofauna asociada a cadáveres.....             | 6  |
| 1.6.   | Delimitación e Identificación de especies.....                | 7  |
| 1.6.1. | Identificación morfológica.....                               | 8  |
| 1.6.2. | Identificación molecular.....                                 | 9  |
| 1.6.3. | Taxonomía integradora.....                                    | 11 |
| 1.7.   | La familia Fanniidae.....                                     | 12 |
| 1.7.1. | Importancia de Fanniidae en la Entomología Forense.....       | 14 |
| 1.8.   | Estado de conocimiento de la familia Fanniidae en México..... | 15 |

## 2. JUSTIFICACIÓN.....

17

## 3. HIPÓTESIS.....

17

## 4. OBJETIVOS

|      |                            |    |
|------|----------------------------|----|
| 4.1. | Objetivo general.....      | 18 |
| 4.2. | Objetivos específicos..... | 18 |

## 5. MÉTODO

|        |                                                                           |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1.   | Diagrama de Flujo.....                                                    | 18 |
| 5.2.   | Zona de Estudio.....                                                      | 20 |
| 5.3.   | Muestreo.....                                                             | 21 |
| 5.4.   | Estimadores no paramétricos sobre el muestreo de la riqueza.....          | 26 |
| 5.5.   | Identificación y delimitación de especies                                 |    |
| 5.5.1. | Identificación Morfológica.....                                           | 27 |
| 5.5.2. | Identificación Molecular.....                                             | 28 |
| 5.5.3. | Agrupación y delimitación molecular de especies.....                      | 30 |
| 5.6.   | Fotografiado de especímenes para elaboración de láminas fotográficas..... | 30 |
| 5.7.   | Comparación bibliográfica final.....                                      | 31 |

## 6. RESULTADOS

|        |                                                                                                          |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1.   | Estimadores no paramétricos sobre el muestreo de la riqueza.....                                         | 31 |
| 6.2.   | Identificación y delimitación de especies                                                                |    |
| 6.2.1. | Identificación morfológica.....                                                                          | 33 |
| 6.2.2. | Identificación molecular.....                                                                            | 36 |
| 6.2.3. | Agrupación y delimitación molecular de especies.....                                                     | 38 |
| 6.3.   | Láminas fotográficas de las especies de Fanniidae de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel..... | 43 |
| 6.4.   | Comparación bibliográfica final.....                                                                     | 48 |

## 7. DISCUSIÓN.....

49

|      |                                                                                                                                           |    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1. | Delimitación e Identificación de especies de Fanniidae, de importancia forense en la REPSA, bajo un enfoque de Taxonomía Integradora..... | 49 |
| 7.2. | Riqueza de dípteros de la familia Fanniidae, con importancia forense, en la REPSA.....                                                    | 53 |
| 7.3. | Representación de la Riqueza del Grupo para la REPSA.....                                                                                 | 55 |

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| 7.4. Importancia Forense de la familia Fanniidae..... | 56        |
| <b>8. CONCLUSIONES.....</b>                           | <b>58</b> |
| <b>9. REFERENCIAS.....</b>                            | <b>59</b> |
| <b>10. ANEXOS.....</b>                                | <b>66</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                | pág       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1.</b> Mapa de provincias biogeográficas de México.....                                                              | <b>3</b>  |
| <b>Figura 2.</b> Caracteres identificativos en dípteros de la familia Fanniidae.....                                           | <b>13</b> |
| <b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo de las etapas seguidas durante el estudio.....                                              | <b>19</b> |
| <b>Figura 4.</b> Ubicación de la REPSA en la Ciudad de México.....                                                             | <b>20</b> |
| <b>Figura 5.</b> Plano de pedregales remanentes en Ciudad Universitaria, CDMX, México.....                                     | <b>21</b> |
| <b>Figura 6.</b> Zonas de muestreo.....                                                                                        | <b>21</b> |
| <b>Figura 7.</b> Diagramas de las trampas utilizadas durante la recolecta de abril a noviembre de 2016 en Cantera Oriente..... | <b>23</b> |
| <b>Figura 8.</b> Diagrama de la trampa pitfall utilizada durante del primer periodo en Cantera Oriente.....                    | <b>23</b> |
| <b>Figura 9.</b> Diagrama de la trampa utilizada para el biomodelo en Cantera Oriente.....                                     | <b>24</b> |
| <b>Figura 10.</b> Curvas de acumulación de especies para cada estimador no paramétrico de riqueza.....                         | <b>32</b> |
| <b>Figura 11.</b> Árbol de Neighbor Joining para la familia Fanniidae de la REPSA.....                                         | <b>39</b> |
| <b>Figura 12.</b> Vistas dorsales de dípteros de la familia Fanniidae en la REPSA.....                                         | <b>45</b> |
| <b>Figura 13.</b> Vistas laterales de dípteros de la familia Fanniidae en la REPSA.....                                        | <b>46</b> |
| <b>Figura 14.</b> Vistas frontales de dípteros de la familia Fanniidae en la REPSA.....                                        | <b>47</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                | pág       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabla 1.</b> Caracteres dimórficos en la familia Fanniidae.....                                                                                                             | <b>14</b> |
| <b>Tabla 2.</b> Especies de la familia Fanniidae reportadas en diversos estudios a lo largo del territorio mexicano.....                                                       | <b>16</b> |
| <b>Tabla 3.</b> Especies de la familia Fanniidae reportadas para México según De Carvalho <i>et al</i> , 2003.....                                                             | <b>16</b> |
| <b>Tabla 4.</b> Periodos de muestreo en el área de estudio.....                                                                                                                | <b>22</b> |
| <b>Tabla 5.</b> Descripción de las trampas utilizadas durante la colecta de abril a noviembre de 2016 en Cantera Oriente.....                                                  | <b>22</b> |
| <b>Tabla 6.</b> Descripción de las técnicas utilizadas durante la colecta de abril a junio de 2017 en la zona de Cantera Oriente usando como biomodelo <i>Sus scrofa</i> ..... | <b>25</b> |
| <b>Tabla 7.</b> Número de individuos por especie, de 25 trampas utilizadas como matriz para EstimateS.....                                                                     | <b>26</b> |
| <b>Tabla 8.</b> Claves taxonómicas utilizadas para la identificación morfológica de dípteros adultos colectados en la REPSA.....                                               | <b>28</b> |
| <b>Tabla 9.</b> Número de voucher de cada individuo seleccionado por morfotipo para realizar extracción de DNA.....                                                            | <b>28</b> |
| <b>Tabla 10.</b> Total de individuos por morfotipo.....                                                                                                                        | <b>31</b> |
| <b>Tabla 11.</b> Valores de sesgo y exactitud para siete estimadores no paramétricos de riqueza.....                                                                           | <b>31</b> |

|                  |                                                                                                                                                                                |           |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabla 12.</b> | Especies de Fanniidae identificadas con el método de morfología, descripción de los principales caracteres morfológicos que las separan y su distribución registrada .....     | <b>33</b> |
| <b>Tabla 13.</b> | Tamaño de las 24 secuencias de dípteros de la familia Fanniidae obtenidos en este estudio.....                                                                                 | <b>37</b> |
| <b>Tabla 14.</b> | Secuencias de referencia utilizadas en el presente estudio.....                                                                                                                | <b>37</b> |
| <b>Tabla 15.</b> | Especies de Fanniidae obtenidas con BLAST. Descripción morfológica y distribución.....                                                                                         | <b>38</b> |
| <b>Tabla 16.</b> | Distancias genéticas entre grupos.....                                                                                                                                         | <b>40</b> |
| <b>Tabla 17.</b> | Identificación de cada individuo analizado en el presente estudio, de acuerdo a un criterio de congruencia entre información morfológica y distancias genéticas de la COI..... | <b>41</b> |
| <b>Tabla 18.</b> | Estatus sobre extracción, secuenciación y fotografiado de cada CPL.....                                                                                                        | <b>44</b> |
| <b>Tabla 19.</b> | Especies reportadas en México y en la Ciudad de México (CDMX) en otros estudios con respecto a las encontradas en este estudio para la REPSA.....                              | <b>48</b> |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                        | <b>pág</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ANEXO 1.</b> Número de individuos para cada morfotipo por fecha, lugar y técnica de recolecta.....                                                  | <b>66</b>  |
| <b>ANEXO 2.</b> Matriz de individuos por especies en 25 trampas para EstimateS.....                                                                    | <b>68</b>  |
| <b>ANEXO 3.</b> Resultados de EstimateS.....                                                                                                           | <b>69</b>  |
| <b>ANEXO 4.</b> Valores de concentración, absorbancia a 260nm y 280nm, y cociente A260/a280 para las extracciones de DNA de Fanniidae de la REPSA..... | <b>70</b>  |
| <b>ANEXO 5.</b> Secuencias genéticas de referencia utilizadas en el presente estudio.....                                                              | <b>71</b>  |
| <b>ANEXO 6.</b> Secuencias genéticas de CPL obtenidas en este estudio y que forman parte de la Base de datos de la CARF.....                           | <b>72</b>  |
| <b>ANEXO 7.</b> Distancias genéticas entre individuos.....                                                                                             | <b>75</b>  |

## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. Insectos

Los artrópodos son uno de los grupos de animales invertebrados más diverso del mundo. Estos organismos poseen ciertas características físicas que permiten identificarlos de manera fácil, por ejemplo: presentan simetría bilateral, es decir que el lateral derecho de sus cuerpos es igual al lateral izquierdo; cuentan con un exoesqueleto formado principalmente por un carbohidrato llamado  $\alpha$ -quitina y sus cuerpos están conformados por segmentos (Castner, 2009; Capinera, 2010; Mccool, 2012; Rivers y Dahlem, 2014). Además, cuentan con apéndices articulados haciendo honor al nombre del grupo, ya que la palabra Artrópodo deriva de las palabras griegas *arthron* (articulación) y *podos* (pies), que en conjunción significa “pies articulados” (Hegna *et al*, 2013).

Los insectos son el grupo de artrópodos con más especies descritas, estos tienen el cuerpo conformado por tres segmentos: cabeza, tórax y abdomen. Además, se distinguen de otros artrópodos ya que cuentan con al menos un par de antenas, aparatos bucales externos, tres pares de patas articuladas, al menos un par de alas y pueden presentar dos tipos de ojos: simples y compuestos (Ruppert y Barnes, 1996; Borror y White, 1970; Triplehorn y Johnson, 2005; Castner, 2009; Capinera, 2010; Rivers y Dahlem, 2014).

De manera común, los insectos crecen y se desarrollan bajo tres patrones: ametábolo, hemimetábolo y holometábolo. Este último también es conocido como metamorfosis completa, donde el desarrollo se conforma por cuatro estadios, que presentan características físicas y de comportamiento específicas, estos son: huevo, larva, pupa y adulto (Castner, 2009; Mccool, 2012; Rivers y Dahlem, 2014). El desarrollo hemimetábolo o metamorfosis incompleta, hace referencia a los insectos que tienen la misma apariencia que el adulto durante el estadio larval, con la única diferencia de que este no cuenta con alas u órganos reproductores funcionales (Rivers y Dahlem, 2014). Por otro lado, aquellos insectos que se caracterizan por no desarrollar alas, suelen presentar un desarrollo ametábolo donde cada uno de los estadios cuentan con las mismas características entre sí (Rivers y Dahlem, 2014).

Los insectos representan más de la mitad de las especies del planeta, ya que se estima que existen alrededor de tres a 30 millones, aunque hasta el momento sólo se han descrito poco más de un millón de especies. Los insectos habitan prácticamente cualquier lugar del planeta incluyendo ambientes acuáticos, esta distribución exitosa suele atribuirse, en parte, a la capacidad de vuelo con la que cuentan y que favorece el acceso a alimento, la huida de depredadores o el establecimiento en ambientes óptimos para la reproducción (Ruppert y Barnes, 1996; Adler y Footitt, 2009; Castner, 2009, Mccool, 2012; Rivers y Dahlem, 2014).

### 1.2. Riqueza de Especies

La riqueza es la medida más utilizada para conocer la biodiversidad ya que indica el número de especies que habitan en una misma región (López-Gómez y

William-Linera, 2003; Colwell, 2009). Sin embargo, cuando no existen registros completos, sobre todo de grupos poco conocidos como en el caso de Fanniidae en México, el número de especies se calcula a partir del esfuerzo de recolecta existente y utilizando estimadores estadísticos conocidos como estimadores de riqueza (Chazdon *et al*, 1998; Escalante-Espinoza, 2003; López-Gómez y William-Linera, 2003; Colwell, 2009; Colwell, 2013), los cuales permiten obtener una curva de acumulación donde la asíntota representa el número de especies estimado (Chazdon *et al*, 1998; Colwell, 2009).

Los estimadores de riqueza suelen clasificarse en dos tipos (Chazdon *et al*, 1998; Moreno, 2001; Escalante-Espinoza, 2003; López-Gómez y William-Linera, 2003; Colwell, 2009; Colwell, 2013): estimadores paramétricos y estimadores no paramétricos. Estos últimos se enfocan en calcular la riqueza de especies basándose en la presencia o ausencia de estas, sin considerar la forma en la que se distribuyen.

Los estimadores de riqueza no paramétricos más utilizados son: Chao1, Chao2, Jackknife 1, Jackknife 2, ACE, ICE y Bootstrap (Chazdon *et al*, 1998; Moreno, 2001; Escalante-Espinoza, 2003; López-Gómez y William-Linera, 2003; Colwell, 2009; González-Oreja *et al*, 2010; Colwell, 2013). Para poder elegir el tipo de estimador no paramétrico más adecuado, normalmente se utilizan las recomendaciones propuestas por Chazdon *et al* (1998) (González-Oreja *et al*, 2010): un buen estimador no paramétrico no debe ser afectado por el tamaño de la muestra o por el orden en el que se añaden estas, debe permanecer estable y alcanzar la asíntota antes que la curva de acumulación de especies reales.

### **1.3. Factores que Determinan la Diversidad de los Insectos**

La diversidad de los insectos depende de diversos factores que suelen clasificarse en factores abióticos y factores bióticos, ya que la diversidad de la flora, la interacción humana con el ambiente y otras interacciones biológicas como la depredación, son factores bióticos que también muestran un papel relevante en la diversidad de insectos (Diamond, 1988; Novotny *et al*, 2006; Khaliq *et al*, 2014)

Asimismo, los factores abióticos, como la temperatura y la humedad (Capinera, 2008; Savopoulou-Soultani *et al*, 2012), se encuentran en estrecha relación con el desarrollo, distribución y diversidad de los insectos, permitiendo el diseño de modelos que tienen como objetivo predecir y caracterizar el hábitat adecuado para ciertas especies de insectos (Capinera, 2008). De esta manera, este tipo de factores se vuelven una herramienta útil en el ámbito forense, permitiendo establecer el intervalo post-mortem o inferir el traslado de indicios de un lugar a otro.

Un ejemplo de estos modelos es el conocido como Días Grados Acumulados o DGA, el cual permite a los entomólogos establecer un IPM tomando como base el hecho de que el índice de desarrollo de un insecto es directamente proporcional a la temperatura de su ambiente y por ende, existirán rangos de temperatura en los cuales los insectos podrán desarrollarse de manera óptima (Kumara *et al*, 2017).

Aunque algunos insectos pueden ser cosmopolitas y habitar prácticamente cualquier sitio del planeta, muchos otros se encuentran exclusivamente en algunas de

las seis regiones biogeográficas (Rivers y Dahlem, 2014). En México, convergen dos de estas regiones: la Neártica al norte y la Neotropical al sur, convirtiendo a la Nación en un país megadiverso (Rivers y Dahlem, 2014). De esta manera, México cuenta con zonas que comparten criterios bióticos, climatológicos y geológicos, por lo que Morrone (2005) propuso la división del territorio mexicano en 14 provincias biogeográficas (CONABIO; 2008; Morrone *et al*, 2017): cinco de ellas son puramente neárticas, cuatro estrictamente neotropicales y cinco mixtas, estas últimas reciben el nombre de Zona de Transición Mexicana o ZTM (Morrone, 2005; CONABIO, 2008; Halffter *et al*, 2008; Morrone *et al* 2017) (Figura 1).



Figura 1. Mapa de provincias biogeográficas de México. Tomado, traducido y modificado de Morrone *et al* 2017.

La ZTM es de gran relevancia ya que en ella se encuentran los límites de dos zonas biogeográficas, convirtiéndose en un área compleja y diversa en la que convergen tanto la fauna neártica como la fauna neotropical (CONABIO, 2008; Halffter *et al*, 2008; Morrone y Márquez, 2008; Morrone, 2015; Morrone, 20017). Además, esta Zona alberga una gran variedad de condiciones climáticas y orográficas que propician una biota con gran cantidad de especies y alto grado de endemismo (CONABIO, 2008; Halffter *et al*, 2008; Morrone y Márquez, 2008, Morrone, 2015, Halffter, 2017). Una de las provincias de la ZTM que presenta gran riqueza de especies es el Eje Neovolcánico Transversal, el

cual está conformado por un conjunto de volcanes que cruzan el territorio mexicano de poniente a oriente y en él se encuentran casi todos los tipos de vegetación, con predominancia de bosques de coníferas y bosques de encino, así como pastizales, bosques mesófilos, matorrales subalpinos, vegetación ribereña y tierras urbanizadas o de cultivo (CONABIO, 2008; Halffter *et al*, 2008).

#### **1.4. Diversidad y Ecología de Dípteros**

Los dípteros, conocidos como moscas verdaderas, son un orden de insectos que posee un par de alas membranosas funcionales y otro par de alas posteriores en forma de maza conocidas como halterios (Borror y White, 1970; Ruppert y Barnes, 1996). Además, poseen antenas que se encuentran segmentadas en porciones, aparatos bucales succionadores y un desarrollo holometábolo (Borror y White, 1970; Triplehorn y Johnson, 2005; Courtney *et al*, 2009). Dentro de este orden se incluyen organismos como las moscas negras, moscas de la fruta, moscas domésticas, mosquitos, etc. (Courtney *et al*, 2009; Ibáñez-Bernal, 2017).

Los dípteros cuentan con presencia en todas las zonas biogeográficas, colonizando prácticamente cualquier hábitat en todos los continentes, incluyendo la Antártida (excluyendo el mar abierto y el interior de los glaciares) (Courtney *et al*, 2009). Por lo tanto, es considerado uno de los órdenes más grandes y diversos de insectos en el mundo, con alrededor de 150,000 a 153,000 especies válidas registradas y agrupadas en 140 a 150 familias aproximadamente (De Carvalho y Mello-Patiu, 2008; Courtney *et al*, 2009; Thompson, 2000 citado por Ibáñez-Bernal, 2017).

Para la región Neotropical, que incluye parte de México, se han calculado alrededor de 18,000 a 20,000 especies de dípteros agrupadas en 112 familias, estos valores se han obtenido tras considerar el valor estimado de dípteros a nivel mundial y tomando en cuenta que en México se alberga el 10% de la biodiversidad mundial (Ibáñez-Bernal, 2017).

##### **1.4.1. Gremios Tróficos en Insectos**

En ecología, un gremio es definido como aquel grupo de especies que explotan de formas similares los mismos tipos de recursos naturales (Simberloff y Dayan, 1991; Martínez, 2008). En el campo de la entomología forense se han establecido cinco grupos de artrópodos, incluyendo a los insectos, que tienen relación con los cadáveres (Payne, 1965; Smith, 1986; Luna *et al*, 2019), por convertirse en un recurso natural para estos:

- A. Necrófagos:** Incluye a las especies de insectos que se alimentan directamente del cadáver y los exudados de este. Así como aquellos que arriban al cadáver para proporcionar una fuente de alimento a sus crías.
- B. Necrófilos:** Especies de insectos que se alimentan de los necrófagos.
- C. Omnívoros:** Insectos que se alimentan tanto del cadáver como de los artrópodos necrófilos.
- D. Oportunistas:** Son insectos que se encuentran en el cadáver porque éste se convierte en una extensión de su hábitat utilizándolo como refugio, fuente de

calor o humedad, así como para alimentarse de otros organismos que encuentran en el cadáver como hongos o mohos.

- E. **Incidentales:** Insectos cuya presencia en el cadáver es meramente fortuita y no guardan ninguna relación con los grupos anteriores o el cadáver.

### 1.5. Entomología Forense

La Entomología Forense es la ciencia que se encarga del estudio de los insectos haciendo uso de diversas áreas de la Biología, con el objetivo de aplicar su conocimiento en el campo del Derecho Penal o Civil y coadyuvar en la investigación y resolución de casos (Castner, 2009; Gullan y Craston, 2010). La entomología forense suele dividirse en tres áreas de acuerdo a su ámbito de aplicación (Rivers y Dahlem, 2014; Pedraza-Lara y Vergara-Pineda, 2017):

- A. **Entomología de productos almacenados:** Implica casos donde se involucran insectos que afectan reservas de alimentos como los cereales y las semillas (Rivers y Dahlem, 2014; Pedraza-Lara y Vergara-Pineda, 2017). Es importante señalar que en la mayoría de casos es necesario que los insectos asociados a dichos productos causen daño a algún bien jurídico para que adquieran relevancia legal (Pedraza-Lara y Vergara-Pineda, 2017).
- B. **Entomología urbana:** Aborda casos que involucran relaciones entre los insectos y el hábitat humano, por ejemplo: insectos que infestan un edificio y pueden ocasionar un problema de salud a los habitantes del mismo (Rivers y Dahlem, 2014; Pedraza-Lara y Vergara-Pineda, 2017).
- C. **Entomología médico-legal:** Aunque en muchas ocasiones se suele usar como sinónimo de entomología forense, es importante señalar que la entomología médico-legal forma parte de la forense (Rivers y Dahlem, 2014) y está íntimamente relacionada con casos que afectan directamente al ser humano, por ejemplo: muertes violentas (homicidios, suicidios, hechos de tránsito), abandono de personas, lesiones, etc (Rivers y Dahlem, 2014).

Debido a su campo de aplicación, la entomología médico-legal ha sido el área de la entomología forense que mayor interés ha despertado a lo largo de la historia. Uno de sus objetivos principales es el establecimiento del IPM, definido como el tiempo mínimo transcurrido desde el momento en que sucede la muerte hasta que se descubre el cadáver (Byrd y Castner, 2009; Luna *et al*, 2019).

Con la finalidad de aportar en las investigaciones forenses, se han realizado diversos estudios con el objetivo de identificar cuáles insectos se encuentran asociados a cadáveres y en qué etapa de descomposición aparecen. El primer antecedente de este tipo de estudios data del año 1894, cuando Pierre Megnin publicó su *La Faune des cadavres* (Byrd y Castner, 2009).

A pesar de existir numerosos estudios sobre la aparición de los insectos en cadáveres, todos coinciden en que dicha aparición es cronológica y secuencial (Byrd, y Castner, 2009; Lefebvre y Gaudry, 2009), por lo que se le ha dado el nombre de *sucesión cadavérica*, ya que el cúmulo de especies de insectos que puedan encontrarse en un cadáver será diferente, dependiendo de la etapa de descomposición de este y la

atracción de ciertas especies de insectos, según transcurra el proceso de descomposición (Luna *et al*, 2019).

Los dípteros son uno de los grupos de insectos más importantes en la entomología médico-legal, dado que se encuentran altamente relacionados con el ser humano. Algunos de ellos son atraídos por las heces fecales o la materia orgánica en descomposición, encontrándose frecuentemente en las viviendas y otros lugares con presencia humana (De Carvalho y Mello-Patiu, 2008). Los cadáveres no son la excepción ya que diversas especies de moscas de la familia Calliphoridae, Fanniidae, Muscidae, Phoridae, Piophilidae, Sarcophagidae y Stratiomyidae, suelen ser los primeros insectos en colonizarlos (De Carvalho y Mello-Patiu, 2008; Courtney *et al*, 2009) en un aproximado de diez minutos posterior a la muerte (Luna *et al*, 2019), convirtiéndose así en importantes indicadores forenses para estimar el IPM.

#### **1.5.1. Sucesión de Entomofauna Asociada a Cadáveres**

La sucesión de entomofauna cadavérica más aceptada en la actualidad es la establecida por Early y Goff (1986), quienes tomando en cuenta las observaciones realizadas por Payne (1965), observaron un patrón general aplicable a la mayoría de los casos (Luna *et al*, 2019). La sucesión de entomofauna cadavérica está dividida en cinco estados (Payne, 1965; Early Y Goff, 1986; Goff, 2000a; Goff, 2000b):

- **Estado fresco.** Comúnmente, moscas pertenecientes a la familia Calliphoridae y algunas especies de la familia Sarcophagidae, son las primeras en arribar al cadáver minutos después de la muerte.
- **Estado hinchado.** Durante este periodo, el número de adultos de las familias Calliphoridae y sus larvas es dominante, seguidos de larvas de la familia Sarcophagidae. Asimismo, arriban al cadáver adultos de las familias Muscidae y Fanniidae. El orden Coleoptera también hace aparición en este estado de descomposición, ya que muchas especies de coleópteros son depredadoras de larvas de dípteros.
- **Estado de descomposición.** Dependiendo del autor, este periodo puede dividirse en dos, sin embargo, la delimitación de cada uno de estos puede complicarse y volverse casi imposible, tal como lo observa Payne (1965).
  - a. **Descomposición activa:** Las larvas de algunas especies de Calliphoridae comienzan a penetrar el cadáver y suelen ser depredadas por adultos del orden Coleoptera. Mientras tanto, el número de dípteros adultos y larvas de las familias Muscidae, Fanniidae y Sarcophagidae aumenta.
  - b. **Descomposición avanzada:** En este estado las larvas de dípteros comienzan a migrar para comenzar el estadio de pupa. La presencia de adultos de las familias dominantes de dípteros se ve disminuida para dar paso a la aparición de otras familias como Drosophilidae. El orden Coleoptera comienza a dominar en esta etapa de la descomposición cadavérica.
- **Estado seco.** Durante este periodo se han marchado la mayoría de insectos que dominaron durante los estados anteriores. Se observa sobrelapamiento de

artrópodos de diferentes órdenes. También es posible observar larvas de Fanniidae y de coleópteros como Staphylinidae y Silphidae, durante este estado. Sin embargo, dichas larvas no llegan a completar su desarrollo debido a la falta de alimento.

- **Estado de restos.** Algunos investigadores como Payne (1965) lo han considerado como un estado diferente al estado seco, tomando en cuenta la fauna observada ya que es posible encontrar insectos que habitan normalmente el lugar así como larvas y pupas de algunos coleópteros enterradas en el suelo donde estuvo el cadáver y sus alrededores más próximos.

En resumen, los dípteros de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae y Fanniidae son utilizados como indicadores forenses confiables durante las primeras dos semanas posteriores a la muerte. Posteriormente el cadáver, que comienza a secarse, deja de ser atractivo para estas familias que migran para completar su desarrollo y dan paso a insectos de otros órdenes como Coleoptera, quienes dominarán los estados tardíos del proceso de descomposición (Goff, 2000a; Goff, 2000b). Finalmente, los restos del cadáver son abandonados por estos dos órdenes y dan paso a otros artrópodos como los ácaros.

#### **1.6. Delimitación e Identificación de Especies**

Por lo general, la identificación de insectos de importancia forense va encaminada a conocer la especie a la que pertenecen estos. Una especie puede ser definida como un grupo de individuos que son capaces de aparearse para producir descendencia fértil y que, en circunstancias naturales, se encuentran reproductivamente aislados de otros grupos similares (Mayr, 2000; Torretti, 2010).

Cada especie recibe un nombre científico con el fin de facilitar la comunicación y el entendimiento (Triplehorn y Johnson, 2005), las reglas para dar nombre a las especies se encuentran establecidas en el *Código Internacional de Nomenclatura Zoológica*, o ICZN por sus siglas en inglés, establecido en 1966 (ICZN, 2009). Determinar la especie de un insecto para utilizarlo como indicio en una investigación de importancia legal es uno de los principales pasos dentro de la labor de la entomología forense (Singh *et al*, 2009; Yousseff-Vanagas y Agnarsson, 2017) ya que, para poder utilizar insectos como indicadores forenses, es necesario contar con información sobre aspectos biológicos como su historia de vida, su tasa de crecimiento, su distribución geográfica, sus hábitos alimenticios, etc. (Singh *et al*, 2009; Yousseff-Vanagas y Agnarsson, 2017), así como los factores que afectan dichos patrones.

Lo anterior se debe a que se ha observado que entre especies cercanamente emparentadas los patrones biológicos pueden ser muy diferentes (Singh *et al*, 2009). Incluso puede haber variaciones en los patrones biológicos de individuos de una misma especie, dependiendo de la región geográfica de la que proceden. Por ejemplo, Grzywacz (2019) observó que existen diferencias en el desarrollo biológico dependiente de la temperatura entre larvas de *Fannia canicularis* Linnaeus 1761 provenientes de Europa con respecto a las *F. canicularis* provenientes de Norteamérica, debido a la

adaptación de los insectos a su localidad. La identificación errónea de los indicios entomológicos pueden llevar a conclusiones erradas y afectar sustancialmente una investigación forense.

Sin embargo, muchas de las familias de insectos de relevancia forense, como la familia Fanniidae, no cuentan con listados de especies por el simple hecho de que no han sido lo suficientemente estudiadas. De esta manera, mucho antes de pensar en darle nombre a las especies que componen a una familia de insectos, es necesario saber cuántas especies la conforman, a este proceso se le conoce como delimitación de especies (Wiens, 2007; Rannala y Yang, 2020). Existen diversos métodos de delimitación de especies, por ejemplo aquellos basados en información morfológica, información molecular o los basados en información ecológica, etc (Wiens, 2007; Rannala y Yang, 2020).

### **1.6.1. Identificación Morfológica**

La identificación de los insectos basada en la morfología fue de los primeros métodos utilizados para delimitar especies. Este tipo de identificación se basa en la observación de *caracteres diagnósticos*, los cuales pueden definirse como cualquier característica intrínseca que presentan los individuos, que es observable y que permite diferenciarlos unos de otros (Dubois, 2017).

Triplehorn y Johnson (2005) mencionan que existen varios métodos basados en las características morfológicas para determinar la especie de un insecto: Se puede comparar el insecto dubitado con aquellos provenientes de una colección y que ya se encuentran certeramente identificados, se puede comparar el insecto problema con imágenes provenientes de diversas fuentes, utilizar descripciones de especies previamente establecidas para hacer comparaciones con el aspecto del insecto dubitado o bien, se pueden utilizar claves morfológicas para obtener la identidad del insecto.

El uso de claves morfológicas es el método más utilizado, pero solamente están desarrolladas cuando se trata de un grupo relativamente bien conocido y que ha tenido tratamiento taxonómico incluyendo ejemplares de la región de estudio. Estos métodos son relativamente sencillos y rápidos, si se cuenta con el conocimiento suficiente sobre el grupo en estudio, circunstancia que es conveniente frente a una investigación de tipo forense (Triplehorn y Johnson, 2005). Sin embargo, los métodos morfológicos presentan serias desventajas (Triplehorn y Johnson, 2005; Singh *et al*, 2009; Yuseff-Vanegas y Agnarsson, 2017), entre las cuales se encuentran:

- A. Ausencia de material especializado y específico:** En países como México, no se han desarrollado claves morfológicas específicas para los insectos de la región, por lo que el uso de instrumentos de otros países puede dejar fuera especies endémicas o variaciones regionales. Por lo tanto, estas herramientas presentan una dependencia significativa con el estado de conocimiento del taxón de interés en la región.
- B. Requerimiento de suficiente conocimiento taxonómico:** Tomando en cuenta que muchos de los caracteres diagnósticos de los insectos son difíciles de

observar, es necesario que quien realice la identificación cuente con conocimiento taxonómico especializado.

- C. **Consume tiempo:** Dado que la mayoría de material con el que se realiza la identificación morfológica se encuentra basado en el estadio adulto de los insectos, por lo regular, el entomólogo forense debe permitir que los estadios larvales, los cuales son los indicios más comunes en una investigación legal, completen su desarrollo. Esto es una seria desventaja dado que puede poner en riesgo la investigación forense ya que se encuentra sujeta a plazos legales.
- D. **Calidad y estado de conservación de los insectos:** Es necesario que los insectos que se desean identificar cuenten con las estructuras que se detallan en las claves morfológicas, por lo que el estado de conservación debe ser lo suficientemente bueno para poder observarlas con claridad. Por lo regular, los adultos que se recolectan en lugares de investigaciones forenses, arriban a los laboratorios en mal estado de conservación lo que resulta en una tarea de identificación dificultosa y poco certera.
- E. **Imposibilidad de distinguir especies crípticas:** Una especie críptica hace referencia a aquella que ha sido clasificada junto con otra u otras especies bajo el mismo nombre, debido a que son morfológicamente indistinguibles (Bickford *et al*, 2007; Trontelj y Fiser, 2009; Lukhtanov, 2019).

### **1.6.2. Identificación Molecular**

Para superar las complicaciones que presenta la identificación morfológica, se han desarrollado métodos de análisis molecular que permiten la identificación de una especie, sin tomar en cuenta las características físicas de los insectos.

Uno de los métodos moleculares más utilizados es el Código de barras de DNA, propuesto por Hebert *et al* en 2003, el cual consiste en secuenciar parte del genoma de un organismo, con suficiente poder discriminatorio frente a otras especies y compararlo con secuencias de DNA de individuos que ya han sido identificados con morfología y se encuentran en bibliotecas de referencia (Hebert *et al*, 2003; Stevens *et al*, 2020).

El uso del fragmento 5' del gen mitocondrial que codifica para la subunidad 1 de la Citocromo c oxidasa (COI) ha sido establecido como el código de barras universal para animales y es frecuentemente usado en la determinación de especies de importancia forense (Wells y Stevens, 2008; Gemmellaro, 2019; Mona *et al*, 2019; Stevens *et al* 2020) debido a que cuenta con características que permiten recuperarlo incluso de tejidos degradados (Wells y Stevens, 2009; Stevens *et al* 2020). Además, el DNA mitocondrial se encuentra en mayor cantidad en las células en comparación con el DNA nuclear, es altamente variable y se encuentra protegido por genes de RNA de transferencia que se conservan entre especies (Hebert *et al*, 2003; Rivers y Dahlem, 2014). A la par del código de barras, las distancias genéticas también son utilizadas con frecuencia en la delimitación de especies (Hebert *et al*, 2003; White *et al*, 2014). Este criterio consiste en la utilización de un umbral de distancia genética, que permite decidir si dos individuos pertenecen a la misma especie, y se basa en la idea de que la

variación intraespecífica siempre es menor que la variación interespecífica (White *et al*, 2014). Dentro del campo, se utiliza frecuentemente un valor de 2% como umbral de distancia genética, esto significa que si dos individuos presentan una distancia genética que supere el 2% entonces deben ser considerados como dos especies distintas (White *et al*, 2014), sin embargo, el umbral puede cambiar dependiendo del grupo taxonómico que se está trabajando (White *et al*, 2014) por lo que es considerado como arbitrario.

El uso de métodos moleculares para identificar especies de insectos, presenta ciertas ventajas (Singh *et al*, 2009; Yusseff-Vanegas y Agnarsson, 2017; Mona *et al*, 2019; Stevens *et al*, 2020) que permiten subsanar las dificultades que se pueden presentar en la utilización de los métodos morfológicos, por ejemplo:

- Permiten diferenciar entre especies crípticas.
- No es necesario contar con conocimiento taxonómico especializado.
- Se puede identificar un insecto en cualquier estadio de su desarrollo. Por esta razón pueden considerarse más rápidos que los métodos morfológicos cuando se trata de estadios larvales.
- No es necesario contar con el insecto completo, puede extraerse DNA de individuos fragmentados o en mal estado de conservación, pero que aún cuentan con tejido.
- En ciertos casos, permiten diferenciar individuos de la misma especie pero que provienen de diferente región geográfica, analizando las diferencias entre alguna característica morfológica que se encuentra estrictamente ligada al genotipo (Wells y Stevens, 2009; Stevens *et al*, 2020).

Los métodos moleculares también pueden presentar ciertas dificultades (Wells y Stevens, 2009; Yusseff-Vanegas y Agnarsson, 2017; Mona *et al*, 2019), tales como:

- Falta de validación de métodos:** A diferencia de la tipificación de DNA humano, en la cual los métodos utilizados cuentan con estándares validados, la tipificación de DNA para determinar la especie de un organismo no humano, como los insectos, no cuenta con estándares validados y dependen en gran medida de la replicación de los métodos.
- Dependencia a bases de datos adecuadas y confiables:** Las secuencias de referencia deben provenir de individuos identificados correctamente por medio de la morfología y estar disponibles en las bases que se actualicen con frecuencia y cuenten con gran diversidad de referencias para evitar identificaciones erróneas.
- Amplificación de pseudogenes.** Cuando se amplifican pseudogenes y se confunden con el gen de interés, puede llevar a una identificación errónea.
- Costos elevados.** En comparación con los métodos basados en morfología, los métodos moleculares tienden a ser más costosos.

A pesar de sus diferencias, es aconsejable unir los resultados obtenidos tras aplicar métodos de identificación morfológica con aquellos obtenidos con los métodos moleculares, para establecer la especie de un insecto, de esta manera se obtienen

identificaciones más robustas (Rivers y Dahlem, 2014) que son útiles en las investigaciones forenses.

### 1.6.3. *Taxonomía Integradora*

Dentro de las tareas de los taxónomos se encuentra el delimitar a los seres vivos en grupos taxonómicos y clasificarlos, así como otorgarles nombre y generar herramientas para su identificación (Dayrat, 2005; Padial *et al*, 2010).

Generalmente, los taxónomos trabajan con unidades de individuos que cumplen con características similares entre ellos, con el fin de hacer que la inmensa cantidad de individuos que constituyen un grupo taxonómico sea más manejable (Sneath y Sokal, 1976). A estas unidades se les conoce como Unidades Operativas Taxonómicas (OTU por sus siglas en inglés), aunque el concepto surgió en el campo de la taxonomía numérica, hoy es ampliamente utilizado pues hace referencia a cualquier nivel de jerarquización taxonómica, dependiendo del interés y el criterio establecido por el investigador (Sneath y Sokal, 1976). La unidad más utilizada es la especie, por lo que para esta tesis una OTU hace referencia a un grupo de dípteros de la familia Fanniidae que corresponden a la misma especie.

En un inicio la clasificación de los seres vivos se basaba en los caracteres morfológicos observables en ellos, sin embargo, tras la creciente aplicación de los métodos moleculares en la identificación de especies, han surgido disputas sobre la relevancia de los taxónomos tradicionales, quienes basan sus trabajos en la morfología (Dayrat, 2005; Padial *et al*, 2010). Para tratar de dar solución a esta cuestión, Dayrat (2005) propuso que la delimitación e identificación de especies debe llevarse bajo un enfoque de *Taxonomía integradora*, en lugar de tratar de catalogar un método como mejor que otro (Dayrat, 2005; Padial *et al*, 2010; Schlick-Steiner *et al*, 2010). Es así que la taxonomía integradora se entiende como la ciencia que permite delimitar especies utilizando más de un método (Dayrat, 2005; Padial *et al*, 2010; Schlick-Steiner *et al*, 2010; Pante *et al*, 2014).

Una de las ventajas que presenta la taxonomía integradora es que, al utilizar más de un método de delimitación, se solventan las desventajas y limitaciones que pueden presentarse al usar un solo método (Dayrat, 2005; Padial *et al*, 2010; Pante *et al*, 2014), obteniendo así conclusiones más robustas y comprobables con cada método utilizado. Esto es especialmente importante cuando se trata de grupos poco estudiados de los que existe escasa información morfológica, cuando recién se comienzan a definir las especie que los componen o cuando se requiere comprobar su identificación, etc (Pires y Marinoni, 2010).

En el caso de la familia Fanniidae, la taxonomía integradora es fundamental ya que se conoce muy poco sobre las especies que la conforman, pues aún es posible detectar sinonimias, por ejemplo: *Fannia lucida* Chillcott 1961 reportada como sinonimia de *Fannia novergica* Ringdahl 1934 (Barták *et al*, 2016).

El obtener identificaciones de especies robustas es de gran relevancia para generar conocimiento sobre sus patrones biológicos, permitiendo así el adecuado manejo y protección de la biodiversidad (Boero, 2010; Pante *et al*, 2014). Para el caso

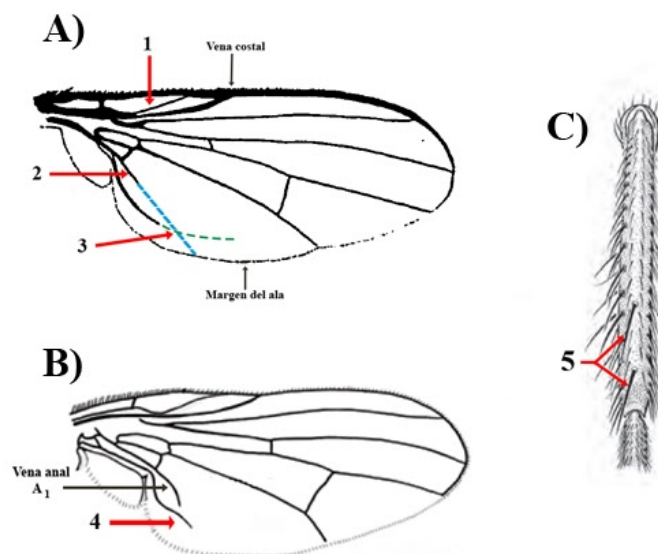
de la ciencia forense y en especial para la entomología forense, conocer con alto grado de certeza la identidad de una especie permite aplicar el conocimiento de los patrones biológicos de estas, principalmente en el establecimiento del IPM, la inferencia de traslado de indicios, etc.

### 1.7. La Familia Fanniidae

La familia Fanniidae es un grupo de dípteros pertenecientes a la superfamilia Muscoidea (Pape *et al*, 2011; Grisales *et al*, 2016). Aunque anteriormente investigadores como Chillcott (1961) consideraban que esta era una subfamilia de la familia Muscidae (Domínguez, 2008), existen estudios que señalan a la familia Fanniidae como una familia distinta entre la superfamilia Muscoidea (Roback, 1951; McAlpine, 1989; De Carvalho *et al*, 2003; Domínguez y Roig-Juñent, 2008; Domínguez, 2008; Savage, 2010).

Esta familia de dípteros se encuentra distribuida en todas las regiones biogeográficas, con mayor riqueza de especies descritas en el Neártico y el Paleártico (De Carvalho *et al*, 2003; Domínguez y Roig-Juñent, 2011). En la literatura se reporta cierto aumento en el número de especies descritas para esta familia, ya que en 2003 se reportaron 285 especies mientras que para 2014 ya había 359 especies (De Carvhalo *et al*, 2003; Domínguez, 2008; Courtney *et al*, 2009; Savage, 2010; Pape *et al*, 2011; Domínguez y Pont, 2017). Aunque el número de especies se encuentre en aumento dado que se han descrito nuevas especies, en la actualidad se reconocen 4 géneros válidos: *Fannia* Robineau-Desvoidy 1893, *Euryomma* Stein 1899, *Piezura* Rondani 1866 y *Australofannia* Pont 1977 (Savage, 2010), de los cuales solo *Fannia* y *Euryomma* han sido reportados para América Central y México (De Carvalho, 2003; Savage, 2010; Grisales *et al*, 2016). Así mismo, Grisales *et al* (2016) señalan que en América Central se reportan alrededor de 90 especies de *Fannia* y 17 especies de *Euryomma*.

Las moscas de la familia Fanniidae suelen tener un tamaño entre 3.5 mm y 7.5 mm, generalmente son de color oscuro (raramente metálicas) y en ocasiones suelen presentar coloración amarilla de manera parcial o total en las patas, cabeza o abdomen (Savage, 2010). Los Fanniidae adultos pueden ser rápidamente separados de otras familias de Muscoidea basándose en la venación presente en sus alas ya que la vena subcostal diverge de la vena radial para unirse a la vena costal de manera casi recta (ver Figura 2, inciso A, número 1). Además, los Fanniidae presentan una seta verdadera en la cara dorsal de la tibia trasera, ubicada en la mitad apical de esta (ver Figura 2; inciso C), número 5) (McAlpine, 1989; De Carvalho *et al*, 2003; De Carvalho y Mello-Patiu, 2008; Domínguez, 2008; Savage, 2010).



**Figura 2. Caracteres identificativos en dípteros de la familia Fanniidae.** A) Ala de *Euryomma communis*. 1: vena subcostal; 2: Vena A1 + CuA2; 3: Intersección de continuaciones imaginarias de venas A1 y A2. B): Ala de *Fannia* (Diptera: *Fanniidae*). 4: Vena anal A2 formando un arco que cubre a A1. C) Tibia de díptero de la familia Fanniidae. 5: Setas dorsales características. Imágenes tomadas y modificadas de Roback (1951) y Domínguez y Pont (2014).

Los dos caracteres diagnósticos de la familia antes mencionados pueden ser observados incluso por personas con poca instrumentación en taxonomía de dípteros, por lo que representan un dato relevante para entomólogos forenses que, no necesariamente son expertos en la familia.

Otros caracteres propios de la familia son los siguientes (McAlpine, 1989; De Carvalho *et al*, 2003; De Carvalho y Mello-Patiu, 2008; Domínguez, 2008, Savage, 2010; Domínguez y Pont, 2014): la vena A1+CuA2 es muy corta (ver Figura 2, inciso A, número 2) y las continuaciones imaginarias de las venas A1 y A2 se interceptan antes del margen alar (ver Figura 2, inciso A, número 3). Dependiendo del género, la vena A2 forma un arco que parece envolver a la vena A1 en el género *Fannia* o bien, se mantiene ligeramente curvada como en el caso de *Euryomma* (Figura 2, inciso B, número 4).

Dentro de la familia suelen presentarse dimorfismos que permiten diferenciar entre hembras y machos de los géneros *Fannia*, *Australofannia* y *Piezura*. Sin embargo, dentro del género *Euryomma* existen muy pocas variaciones en ambos sexos (McAlpine, 1989; De Carvalho *et al*, 2003; Domínguez, 2008; Savage 2010; Domínguez y Pont, 2014; Domínguez y Roig-Juñent, 2017) dejando prácticamente a la genitalia como el único elemento que permite sexar individuos de este género. En la siguiente tabla (Tabla 1) se hace mención de algunos de los caracteres dimórficos para esta familia, en los géneros que se han reportado para América Central y México.

**Tabla 1. Caracteres dimórficos en la familia Fanniidae.**

| MACHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | HEMBRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabeza semicircular y cóncava posteriormente.</li> <li>• Parte ventral de las patas con modificaciones (vellosidades erectas, espinas, tubérculos, grupo de setas, etc.)</li> <li>• Filas distintivas de setas en acomodo anteroventral o posteroventral (pueden ser gruesas o duplicadas) en patas.</li> <li>• Hinchazón de la parte apical de la tibia media y pubescencia de la parte ventral.</li> <li>• Los tarsómeros pueden encontrarse modificados (presencia de espinas, coloración amarilla, etc)</li> <li>• Presencia de línea media oscura o marcas triangulares oscuras en cada terguito, raramente en patrones laterales simétricos.</li> <li>• Primer esternito amplio y densamente setuloso.</li> <li>• Ojos en acomodo holóptico (<i>Fannia</i>) y acomodo dicóptico (<i>Euryomma</i>).</li> <li>• <i>Euryomma</i>: Dos setas fronto-orbitales distintivas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabeza ovoide y convexa posteriormente.</li> <li>• Ojos en acomodo dicóptico.</li> <li>• Parafacial amplio, de completamente tomentoso a negro brillante.</li> <li>• Presencia de espiráculos abdominales seis y siete.</li> <li>• Presencia de setas anteroventrales y posteroventrales en la tibia media.</li> </ul> |

A pesar de tener amplia distribución en las seis zonas biogeográficas, los Fanniidae suelen encontrarse principalmente en zonas boscosas (De Carvalho *et al*, 2003) y en áreas templadas, incluyendo los hemisferios (Domínguez y Roig-Juñent, 2011). Los machos de la familia suelen agruparse en enjambres, alrededor de las ramas y copas de los árboles (De Carvalho *et al*, 2003; Domínguez y Roig-Juñent, 2011), mientras que las hembras suelen encontrarse en la capa de hierba que conforman los bosques (De Carvalho *et al*, 2003). Algunas especies pertenecientes al género *Fannia* han sido reportadas sobrevolando cerca de la superficie del agua (Domínguez y Roig-Juñent, 2011).

Especies pertenecientes a esta familia (*F. canicularis* o *Fannia scalaris* Fabricius 1794) tienen distribución sinantrópica, es decir que suelen estar íntimamente relacionadas con los seres humanos, encontrándose incluso al interior de los hogares (De Carvalho *et al*, 2003). Dado que son similares a los múscidos, los Fanniidae suelen conocerse con el nombre común de “moscas domésticas pequeñas” o “little house flies”.

#### **1.7.1. Importancia de Fanniidae en la Entomología Forense**

Los adultos de la familia Fanniidae suelen ser atraídos a la materia orgánica en descomposición, incluyendo los cadáveres humanos, ya que esta constituye una fuente de alimento apropiada para las larvas de la familia, las cuales son necrófagas (Roback, 1951; Domínguez y Roig-Juñent, 2011) debido a que se alimentan directamente de dicha materia. En este sentido se ha observado que las hembras de la familia Fanniidae, junto a la familia Muscidae, arriban al cadáver principalmente durante el estado hinchado (Payne, 1965). La cantidad de individuos aumenta durante el estado de descomposición, principalmente durante la descomposición activa (Payne, 1965). Asimismo, se ha observado que las larvas de *Fannia* se alimentan de los restos de carne presentes durante la descomposición avanzada, y suelen alcanzar sus estadios de desarrollo al mismo tiempo que los califóridos (Payne, 1965) y al igual que estos, pueden ser de utilidad para reforzar las conclusiones obtenidas.

Cuando se da una extraordinaria ausencia de dípteros de las familias

dominantes, los Fanniidae representan una herramienta para el establecimiento del IPM dado que sus larvas, tal como lo observa Payne (1965), no son objeto de la depredación de otros órdenes como el Coleoptera, contrario a lo que sucede con las larvas de la familia Calliphoridae. Es así que, la abundancia de Fanniidae puede servir como indicador forense para ciertos estados del proceso de descomposición o circunstancias de la misma, por ejemplo se ha observado especial abundancia de Fanniidae cuando el putrúlagos producto, de la licuefacción de tejido, es muy abundante (Centeno *et al*, 2002) o cuando los cadáveres se encuentran en estado de adipocira, según lo observado por Battán-Horenstein *et al* (2010), tras catalogar la sucesión de fauna con biomodelos de cerdo *Sus scrofa* durante las 4 estaciones del año en Argentina. Otro ejemplo es presentado por Morales-Moreno y *et al* (2019), ya que en su estudio faunístico de dípteros necrófilos, en las inmediaciones de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES Iztacala), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) reportaron mayor abundancia de Fanniidae durante el mes de abril, en comparación con otras familias de dípteros como Calliphoridae o Sarcophagidae.

Por otro lado, algunas especies de *Fannia* han sido reportadas en casos de miasis, principalmente *F. scalaris*, *Fannia fusconotata* Rondani 1868 y *F. canicularis* (De Carvalho *et al*, 2003; Domínguez y Roig-Juñent, 2011), adquiriendo así importancia médico-legal por ser indicios de valor para un órgano judicial en el establecimiento de delitos tales como el abandono de personas o la omisión de cuidado, figuras previstas en el Código Penal de la Ciudad de México como delitos de peligro para la vida y la salud de las personas.

### **1.8. Estado de Conocimiento de la Familia Fanniidae en México**

En México se han realizado diversos proyectos que tienen como objetivo acercarse más al conocimiento de la diversidad que alberga, para el caso de los insectos, existen diversos estudios que se enfocan en conocer la diversidad y distribución de estos. Otro estudioso de la diversidad de México, y sobre todo de la ZTM, es Halffter quien comenzó su análisis en 1962 (Halffter, 2017) y que a lo largo de su trayectoria ha publicado numerosos de trabajos referentes a la diversidad de insectos que existe en el país, con gran énfasis en la ZTM.

En esta sentido, el proyecto más relevante, en donde se recopilaron y catalogaron todas las especies de dípteros reportadas en el territorio mexicano es el titulado “Actualización del Catálogo de Autoridades Taxonómicas de los Dípteros (Orden: Diptera) de México”, dirigido por Ibáñez-Bernal (2017). Este trabajo consistió en una búsqueda bibliográfica exhaustiva para estimar el estado de conocimiento de este orden en el país, concluyendo que existen 4,009 especies de dípteros en México, de las cuales 18 pertenecen a la familia Fanniidae (Ibáñez-Bernal, 2017), sin embargo, no incluye el nombre de las especies o el género al que pertenecen.

Además, también existen reportes de la familia Fanniidae en artículos de divulgación científica o tesis de grado. Aunque existe un número considerable de estos artículos, en los que destacan aquellos enfocados a observar la sucesión faunística de determinada región, es importante destacar que la mención de la familia Fanniidae o de

las especies pertenecientes a ella se encuentra presente en un número muy reducido de estos trabajos (Tabla 2) y en ocasiones, dichas especies son catalogadas dentro de la familia Muscidae.

**Tabla 2. Especies de la familia Fanniidae reportadas en diversos estudios a lo largo del territorio mexicano.**

| ESTADO     | GÉNERO/ ESPECIES                                                                                                   | PROVINCIA                   | TRABAJO                               |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Tamaulipas | <i>Fannia</i> sp. <i>F. canicularis</i> , <i>Fannia pusio</i> Wiedemann 1830 y <i>Fannia vittata</i> Malloch 1912. | de Tamaulipas               | Roberts, 1934.                        |
| Nuevo León | <i>F. canicularis</i> y <i>F. scalaris</i>                                                                         | de Tamaulipas               | Rodríguez-Castro <i>et al</i> , 2016. |
| Nuevo León | <i>F. scalaris</i>                                                                                                 | de Tamaulipas               | Zepeda-Cavazos <i>et al</i> , 2015.   |
| Nuevo León | <i>F. canicularis</i> y <i>F. scalaris</i>                                                                         | de Tamaulipas               | Zepeda-Cavazos <i>et al</i> , 2016.   |
| CDMX       | <i>F. canicularis</i> y <i>F. scalaris</i>                                                                         | Eje Volcánico Transmexicano | Molina-Chávez <i>et al</i> , 2012.    |
| CDMX       | <i>Fannia</i> spp, <i>Piezura</i> sp y <i>Euryomma</i> sp                                                          | Eje Volcánico Transmexicano | Morales-Moreno <i>et al</i> , 2019.   |
| CDMX       | <i>Fannia unguata</i> Chillcot 1961 y <i>F. canicularis</i>                                                        | Eje Volcánico Transmexicano | Tellez, 2018.                         |
| Chiapas    | <i>Fannia</i> sp                                                                                                   | Los Altos de Chiapas        | Mañas-Jordá <i>et al</i> , 2018.      |

Por otro lado, el catálogo más completo y concreto sobre las especies de Fanniidae que se reportan en México es el presentado por De Carvalho y *et al* (2003), consta de 17 especies para la familia (Tabla 3).

**Tabla 3. Especies de la familia Fanniidae reportadas para México según De Carvalho *et al*, 2003.**

| NOMBRE DE LA ESPECIE                      | SITIO DONDE SE REPORTA                    |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Fannia annosa</i> Chillcott 1961       | Paso de Cortés, Amecameca, Edo. Mex.      |
| <i>Fannia antennata</i> Stein 1911        | México                                    |
| <i>Fannia arcuata</i> Chillcott 1961      | Coapa, Ciudad de México.                  |
| <i>Fannia benjamini</i> Malloch 1913      | México                                    |
| <i>Fannia binotata</i> Chillcott 1961     | Atlatomulco, Estado de México.            |
| <i>Fannia clavata</i> Chillcott 1961      | Antiguo Morelos, Tamaulipas.              |
| <i>Fannia femoralis</i> Stein 1898        | México                                    |
| <i>Fannia gilvitaris</i> Chillcott 1961   | Río Frío de Juárez, Ixtapaluca, Edo. Mex. |
| <i>Fannia incisurata</i> Setterstedt 1838 | México                                    |
| <i>Fannia micheneri</i> Chillcott 1961    | Antiguo Morelos, Tamaulipas.              |
| <i>Fannia morosa</i> Wulp 1989            | Ciudad de México                          |
| <i>Fannia obscurinervis</i> Stein 1900    | México                                    |
| <i>Fannia tumidifemur</i> Stein 1911      | México                                    |
| <i>Euryomma peregrinum</i> Meigen 1826    | Isla Guadalupe, Baja California, México.  |
| <i>F. canicularis</i>                     | México                                    |
| <i>F. pusio</i>                           | México                                    |
| <i>F. vittata</i>                         | México                                    |

Ahora bien, la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, como parte de un proyecto de la CONABIO, realizó la publicación del libro titulado “*La diversidad en la Ciudad de México*”, donde se hace hincapié en que la escasez en el registro de especies de dípteros para la Ciudad de México se debe en parte a que se trata de una zona muy urbanizada, con pocos sitios donde la presencia humana es nula o mínima y que la cantidad de esfuerzos para realizar estudios enfocados en conocer la diversidad del orden Diptera para la región es reducida (Avalos *et al*, 2016) .

Por lo que respecta a artrópodos, en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) se tienen registradas 848 especies, de las cuales 61 pertenecen al orden diptera, distribuidas en 12 familias (REPSA, 2016). Sin embargo, no existe registro

de la familia Fanniidae dentro de las inmediaciones de la REPSA en Ciudad Universitaria.

Como se ha mencionado, a pesar de que los dípteros de la familia Fanniidae cuentan con gran importancia y potencial dentro de la aplicación de la entomología forense, el estudio de esta familia en México es escaso, en contraste con la cantidad de trabajos realizados en otros países del centro y sur del continente Americano (De Carvalho *et al*, 2002; De Carvalho *et al*, 2003; Domínguez, 2007; Domínguez y Roig-Juñent, 2008; Domínguez y Roig-Juñent, 2011; Grisales *et al*, 2012; Domínguez y Pont, 2014; Dominguez y Roig-Juñent, 2017; Grisales *et al* 2016; Grisales y De Carvalho, 2019) y que representan un avance significativo en el estado de conocimiento de la familia Fanniidae para el neotrópico.

Por ende, la escasez de información respecto a la familia Fannidae representa un área de oportunidad debido a la gran diversidad de especies que puede albergar México pues, no sólo es posible encontrar fauna proveniente del Neotrópico sino que también es factible encontrarse con fauna propia del Neártico. Además la ZTM, en la que se encuentra ubicada la Ciudad de México, es una región de marcada importancia ya que en ella convergen ambas faunas y presenta alto grado de endemismo. Catalogar la riqueza de la familia Fanniidae de la región y generar material bibliográfico sobre ella puede resultar en grandes avances en la aplicación de la entomología forense.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

---

El escaso conocimiento de la familia Fanniidae a nivel nacional limita la aplicación de la entomología forense en el país y en consecuencia conlleva a que los expertos en la materia utilicen bibliografía proveniente de otras regiones, la cual puede no ser del todo aplicable a las especies que habitan en México. Lo anterior contrasta con el hecho de que México es uno de los países con mayor diversidad y grado de endemismo a nivel mundial y a pesar de esto, la familia Fanniidae es una familia poco estudiada en el país. Sin embargo, el hecho de que dentro de esta familia se han descrito recientemente especies en otros países de la región neotropical, hace pensar que es posible que en México exista más riqueza de la reportada hasta ahora, en los muy escasos registros con los que se cuenta a nivel nacional y regional.

De esta forma, el presente proyecto constituye el primer estudio taxonómico de la familia Fanniidae para México y tiene como propósito el aportar significativamente al estado de conocimiento de esta. Por último, conocer las especies de la familia Fanniidae que habitan en la REPSA y que pueden ser de importancia forense, por encontrarse asociados a materia orgánica en descomposición, puede ser de enorme relevancia para la práctica de los entomólogos forenses de la región.

## **3. HIPÓTESIS**

---

1. Si la identificación de dípteros se realiza dentro de un enfoque de taxonomía integradora, utilizando información morfológica y molecular, entonces se

obtendrán identificaciones robustas que permitan conocer la riqueza de especies de la familia Fanniidae de importancia forense en la REPSA.

2. Si la REPSA se encuentra dentro de una provincia que se caracteriza por presentar gran diversidad y alto grado de endemismo, entonces es posible que se encuentren nuevas especies para la familia Fanniidae que no han sido reportadas en los registros previos sobre el tema.

## 4. OBJETIVOS

---

### 4.1. General

Conocer la riqueza de especies de la familia Fanniidae en la REPSA.

### 4.2. Específicos

- Obtener una representación de la riqueza de especies de la familia Fanniidae en la REPSA.
- Integrar técnicas morfológicas y moleculares en un marco de taxonomía integradora para obtener, de forma robusta, identificaciones de especies.
- Enriquecer la representación de la familia Fanniidae provenientes de la REPSA que se encuentran disponibles en la Colección de Artrópodos de Referencia Forense (CARF) de la Licenciatura en Ciencia Forense (LCF).

## 5. MÉTODO

---

### 5.1. Diagrama de Flujo

Esta tesis consistió de cinco etapas, las cuales son: **etapa de muestreo**, que incluyó la fabricación y preparación de trampas entomológicas, la recolección de individuos y almacenamiento de muestras; **etapa de separación y clasificación en morfotipos** del material recolectado; **etapa de secuenciación de morfotipos e identificación** la cual incluyó la extracción de DNA y su secuenciación, así como la identificación morfológica y molecular de cada morfotipo; la **etapa de obtención de fotografías** que incluyó el montaje y fotografiado de individuos de cada especie así como el almacenaje de los datos recabados para que estos formen parte de la CARF de la LCF y una **etapa de comparación bibliográfica final** con el fin de comparar los resultados de esta tesis con lo reportado en la literatura disponible, esta etapa también incluyó el cálculo de estimadores no paramétricos de riqueza.

Cada uno de los pasos que conforman estas etapas se explican a detalle en sus respectivos apartados en la Figura 3.

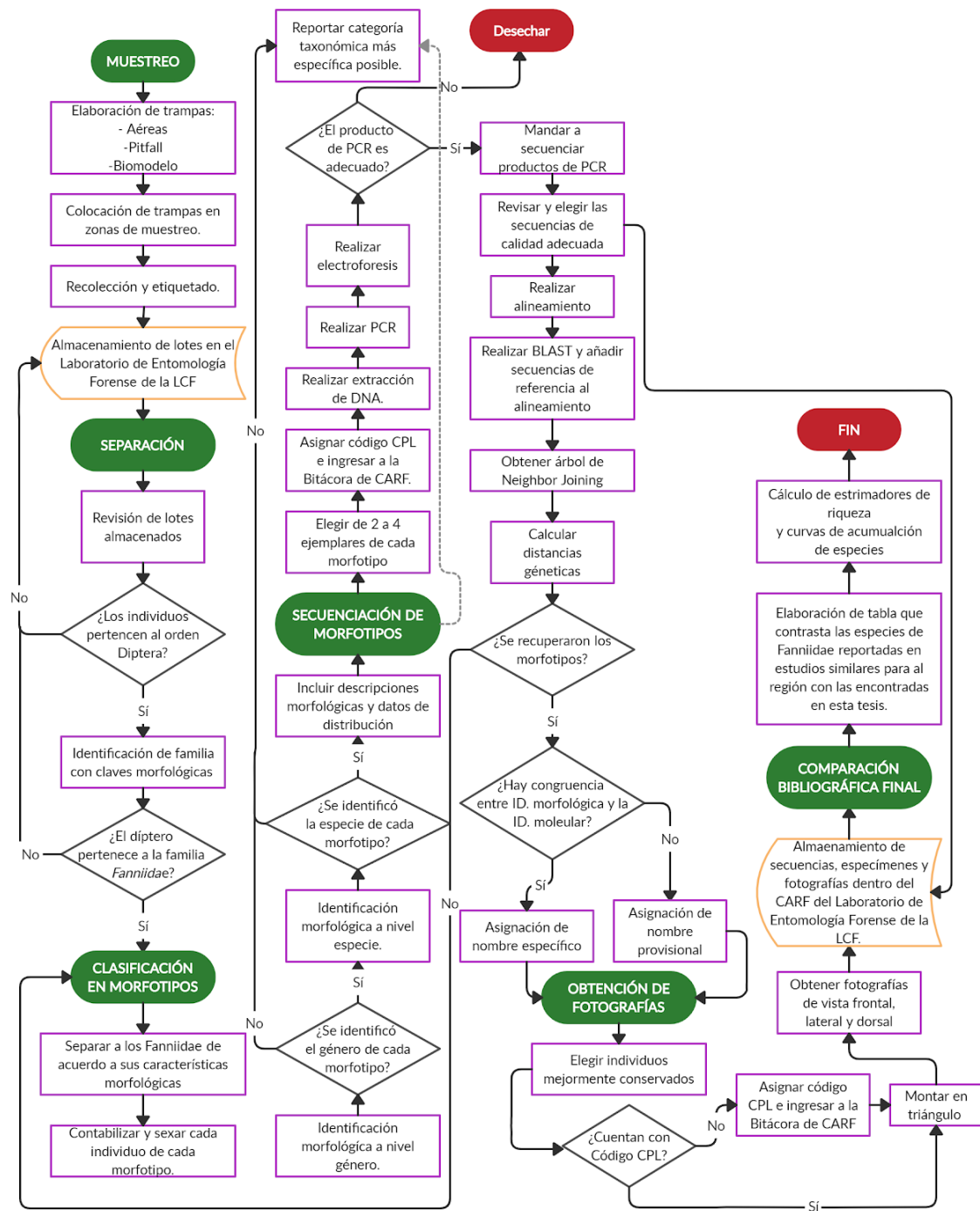


Figura 3. Diagrama de flujo de las etapas seguidas durante el estudio.

## 5.2. Zona de Estudio

La REPSA es la zona ecológica inafectable que se encuentra bajo el resguardo de la UNAM y se ubica dentro de Ciudad Universitaria, en la Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México (REPSA, 2019; REPSA, s.f b) (Figura 4).

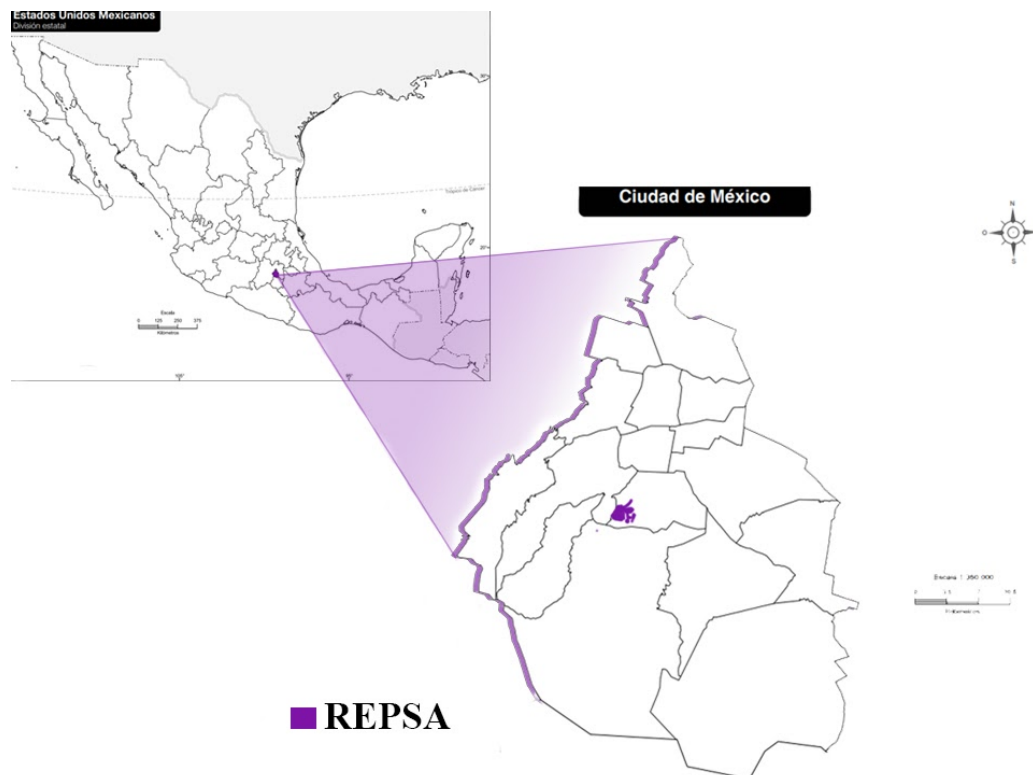


Figura 5. Ubicación de la REPSA en la Ciudad de México. La REPSA se ubica en las inmediaciones territoriales de la Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. Elaboración propia.

La REPSA fue establecida el 3 de octubre de 1983 como estrategia para evitar la pérdida total del ecosistema original del Pedregal de San Ángel: El matorral xerófilo de palo loco (REPSA, s.f a; REPSA, s.f b), el cual es cuna de una gran diversidad de especies de flora y fauna debido a las peculiares características del terreno y su ubicación geográfica, ya que se encuentra dentro de la Zona de Transición Mexicana (REPSA, s.f a), específicamente dentro del Eje Volcánico Transversal.

La REPSA está conformada por 237.3 hectáreas que se dividen en tres zonas núcleo las cuales comprenden 115.8ha (Zona Núcleo Oriente, Zona Núcleo Suroriente y Zona Núcleo Poniente) y que son utilizadas exclusivamente para labores de investigación y docencia (Rojo, 1994; REPSA, 2019). Asimismo, la REPSA cuenta con 13 zonas de amortiguamiento que están destinadas a disminuir los efectos que pudieran ocasionar la presencia de las diversas instalaciones de la Universidad y la comunidad universitaria. Dentro del Campus Universitario se han contabilizado 318 remanentes del Pedregal que suman alrededor de 46.5ha y que, si bien no forman oficialmente parte de la REPSA, son parte de programas de rescate creados por la UNAM, puesto que son

considerados microrreservas, áreas verdes autorreguladoras y muestras del paisaje original del Pedregal, contando así con importancia biológica y ecológica (Figura 5) (REPSA,2017).



Figura 5. Plano de pedregales remanentes en Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México. En negro: Pedregales remanentes para el año 2012. Polígonos rojos: zonas núcleo de la REPSA. Polígonos azules: zonas de amortiguamiento de la REPSA. Tomado y modificado de REPSA, 2017. Disponible en: <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivosrepsa/conservacion/acciones-mitigacion/mit-rescate-pedregales>

### 5.3. Muestreo

En el presente trabajo se realizaron recolectas en tres zonas pertenecientes al Pedregal de San Ángel (Figura 6) y que se encuentran bajo protección de la REPSA. Dos de ellas corresponden a zonas de amortiguamiento: Zona de Amortiguamiento A3 conocida como **Cantera Oriente** y la Zona de Amortiguamiento A10 conocida como **Jardín Botánico**. La tercer zona donde se realizó el muestreo corresponde al remanente número 211 comprendido en la sede de la Licenciatura en **Ciencia Forense**.

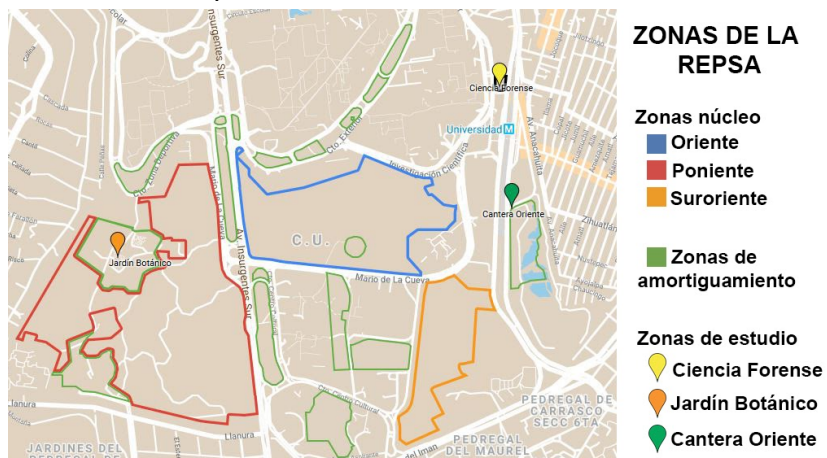


Figura 6. Zonas de muestreo. Modificado de REPSA. (2005). Información geográfica: Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Disponible en sitio web <http://goo.gl/maps/ldAeE>.

El material entomológico que se utilizó en el presente estudio se recolectó durante cuatro períodos y fueron parte de muestreos hechos por el Laboratorio de Entomología Forense de la LCF, Facultad de Medicina, UNAM. Dichos muestreos tuvieron la finalidad de conocer la riqueza de especies de artrópodos que habitan la REPSA y que pueden tener importancia médico legal (Tabla 4).

**Tabla 4. Periodos de muestreo en el área de estudio**

| PERIODO |                                   | ZONA DE MUESTREO                                    | COLECTORES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1°      | Abril a diciembre de 2016         | Cantera Oriente, Ciencia Forense y Jardín Botánico. | Arias-Contreras, Guadalupe; Coyotecatl, Arturo; Espinosa-Alvarez, Yadira; Franco-Rojas-Priscilla; García, Leonardo; Guadarrama-Bernal, Jessica; Guzmán-Gonzalez, Viridiana; Hernández-Trejo, Esmeralda; Juárez-Nuple, Eduardo; Minor-Garduño, Zacnité; Rodríguez, Estefany; Pedraza-Lara, Carlos; Piña, Gabriela; Piña-Zaballa, Mario; Tellez, Isabel. |
| 2°      | Enero a junio de 2017             |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3°      | 20 de junio a 22 de julio de 2019 | Ciencia Forense                                     | Guzmán-González, Viridiana., Hernández-Trejo, Esmeralda P., Morales-Ponce, Aram., Sánchez, Jessica.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4°      | 23 a 30 de septiembre de 2019     |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

- **Primer periodo de recolecta**

El material recolectado durante el primer periodo, forma parte de los esfuerzos de colecta para conformar el material utilizado por Téllez (2018). Dicho material se obtuvo al colocar ocho trampas aéreas de los tipos mencionados en dicha tesis de grado y que fueron adaptaciones a los propuestos por Kozlov y Withworth, 2008, citados por Téllez, 2018 (Tabla 5).

**Tabla 5. Descripción de las trampas utilizadas durante la colecta de abril a noviembre de 2016 en la zona de Cantera Oriente.**

| TIPO DE TRAMPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | FORMA DE RECOLECTA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tipo 1 (Figura 7, a)</b></li> </ul> <p>Consistente en recipientes de PET con capacidad para 5 L, al que se le removió la tapa rosca. En la parte superior de este se colocó un cono de PET elaborado con la parte superior de otra botella con capacidad de 1.5 L. En el costado del recipiente de 5 L se realizó un corte para simular una ventanilla por la cual se introdujo aserrín y el cebo (consistente en 250g de carne de cerdo <i>Sus scrofa</i>).</p>                                                                                                                        | <p>Se retiró el cono superior de cada una de las trampas, las cuales se cubrían con una malla de nylon para evitar que los insectos recolectados escaparan. Posteriormente, los ejemplares recolectados eran transferidos a un frasco con capacidad de 100 mL que contenía etanol al 96° para ser preservados. Dicho frasco era etiquetado y almacenado a temperatura de 4°C.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tipo 2 (Figura 7, b)</b></li> </ul> <p>Consistente en un recipiente de PET con capacidad de 1.5 L invertido en el que se le realizó un orificio por el que se introdujo un trozo de piola de propileno que sostenía en el interior del recipiente un frasco con orificios y tapa rosca. Dicho frasco contenía 50 g de carne de cerdo <i>S. scrofa</i> como cebo.</p> <p>Al recipiente de 1.5 L se le realizó un corte vertical de 10 cm que serviría de acceso para los individuos. y en la boquilla se le adjuntó otra botella con capacidad de 600 mL que contenía alcohol al 96°</p> | <p>En cada colecta se retiraba la botella de 600 mL adjunta y se le colocaba la tapa rosca.</p> <p>Una vez en el laboratorio, se retiraba el excedente de etanol al 96° y los ejemplares eran transferidos a frascos con capacidad de 100 mL que contenían etanol al 96° para ser preservados y almacenados a 4°C.</p>                                                            |

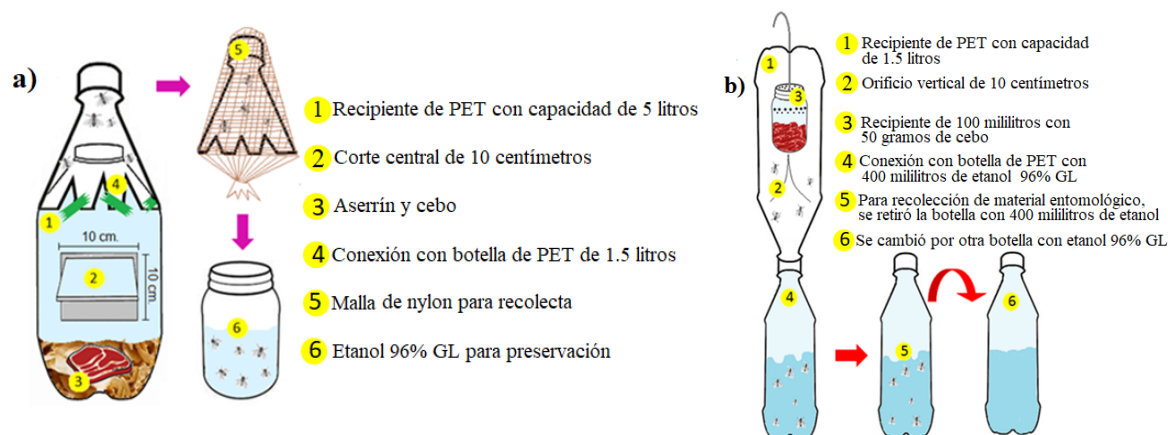


Figura 7. Diagramas de las trampas utilizadas durante la recolecta de abril a noviembre de 2016 en Cantera Oriente. a) Trampa aérea tipo 1. b) Trampa aérea tipo 2. Tomado y modificado de Téllez, 2018.

Este tipo de trampas también se utilizó para muestrear la fauna del Jardín Botánico y el remanente de la REPSA ubicado en la sede de la LCF.

Durante el primer periodo también se utilizaron trampas pitfall (Figura 8) elaboradas con un contenedor de plástico con capacidad de 1.2 L al que se le añadió alcohol al 96% para preservar a los especímenes. A las tapas de dichos recipientes se les adjuntaron las tapas de frascos de plástico de 250 mL. Dentro de los frascos de 250 mL se colocaron 50g de carne de cerdo como cebo, a cada frasco se le hicieron perforaciones para la salida de gases producto de la putrefacción. Cada contenedor se colocó en un agujero previamente excavado, en la boca del contenedor se colocaron ramas que permitieran una abertura aproximada de 3 cm para permitir el paso de la fauna de interés. Una vez colocada la trampa, ésta se protegió colocando una malla metálica fijada con algunas rocas para evitar su movilidad.

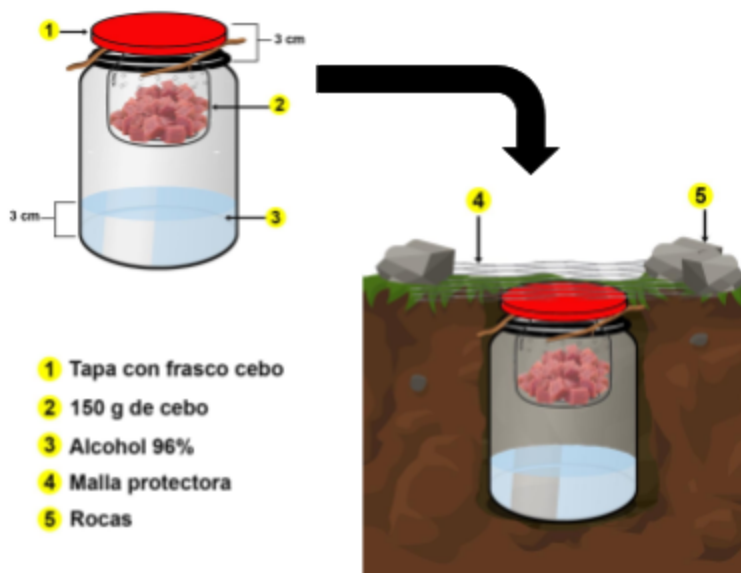


Figura 8. Diagrama de la trampa pitfall utilizada durante la recolecta del primer periodo en Cantera Oriente. Elaboración propia.

- **Segundo periodo de recolecta**

Parte del material recolectado durante el segundo periodo se realizó utilizando trampas aéreas como las descritas para el primer periodo de muestreo, las cuales se colocaron en la zona de Cantera Oriente. Sin embargo, la mayoría de este material, en especial el proveniente de los meses de abril a junio de 2017, forma parte de los esfuerzos de colecta para conformar el material utilizado en la práctica semestral “*Fauna de Dípteros Asociada al Proceso de Descomposición Cadavérica en La Cantera Oriente, REPSA, usando el cerdo blanco (Sus scrofa) como biomodelo*” que se realizó durante la clase de Entomología Avanzada, materia optativa del plan de estudios de la LCF.

Dicho material se obtuvo utilizando como biomodelo un lechón de *S. scrofa* Linnaeus 1758 con peso aproximado de 11.950 g, proporcionado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM al que se le practicó la eutanasia utilizando CO<sub>2</sub>. Dicho biomodelo fue colocado en una región de la Zona de amortiguamiento A3 Cantera Oriente. Para proteger al biomodelo de vertebrados carroñeros, se colocó sobre él una jaula metálica con paredes de malla con una abertura de 24.75 cm<sup>2</sup>. Dicha jaula contaba con una portezuela en forma de cono de malla metálica con una luz de 1cm<sup>2</sup> a la cual se le adjuntó un tubo de PVC para unirlo a frascos de plástico que contenían alcohol al 96% (Figura 9).

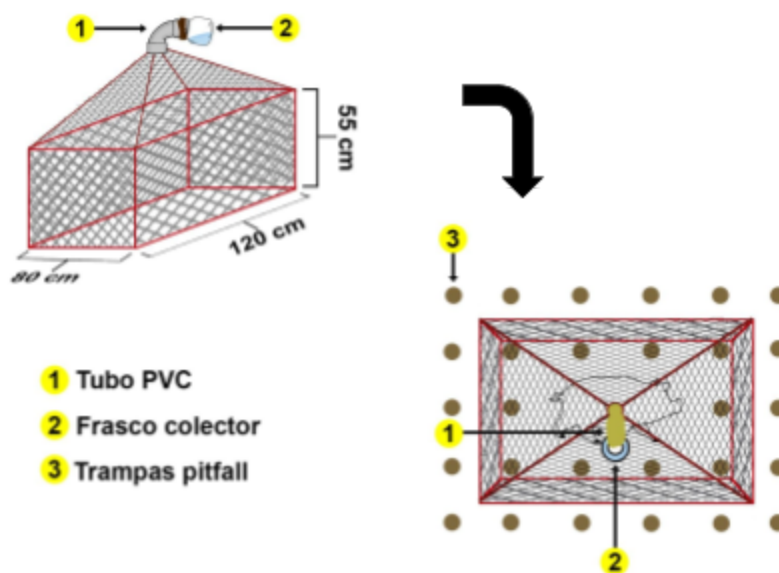


Figura 9. Diagrama de la trampa utilizada para el biomodelo en Cantera Oriente.

Alrededor del biomodelo también se colocaron trampas pitfall, elaboradas con contenedores de plástico con capacidad de 30 mL a los que se les colocaron aproximadamente 10 mL de alcohol al 96%, se sostuvo la tapa de cada uno con ayuda de palitos de madera, dejando una abertura aproximada de 1.5 cm, con el fin de dar acceso a la fauna que se encontraba arribando al biomodelo o bien, aquella que se encontraba migrando de este. Sin embargo, en las colectas de estas trampas no se identificó la presencia de dípteros de la familia Fanniidae, relevantes para esta tesis.

Las recolectas se realizaban diariamente, de lunes a viernes, por alumnas y alumnos de la clase. En algunas ocasiones, el profesorado asistía los fines de semana para realizar la recolecta. Durante este periodo se utilizaron cinco técnicas para recolectar el material entomológico (Tabla 6).

**Tabla 6. Descripción de las técnicas utilizadas durante la colecta de abril a junio de 2017 en la zona de Cantera Oriente usando como biomodelo *S. scrofa*.**

| TÉCNICA           | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Redeo             | Esta técnica se utilizó durante las primeras semanas del estudio. Se utilizaron redes cazamariposas para muestrear el lugar circundante al biomodelo. Posteriormente, se transfería la fauna a frascos con etanol al 96°, se etiquetaban con la fecha de la recolecta, el tipo de técnica y el nombre de quienes colectaron. Una vez trasladados al laboratorio, los frascos eran almacenados a una temperatura de 4°C.                                                                           |
| Aspirado          | Una vez retirada la portezuela, se utilizó un aspirador portátil para recolectar los adultos de insectos que se encontraban en el interior de esta y aquellos que sobrevolaban cerca del biomodelo. Posteriormente, se transferían los ejemplares a frascos con tapa rosca que contenían etanol al 96° previamente etiquetados.                                                                                                                                                                   |
| Recolecta directa | Utilizando pinceles, pinzas y cucharas de plástico se hizo la recolecta de estadios inmaduros de insectos, o de otros artrópodos como ácaros, que se encontraban sobre el biomodelo. Posteriormente se transferían a bolsas de papel encerado y se etiquetaban. Una vez en el laboratorio, los estadios inmaduros de dípteros y coleópteros eran sacrificados con agua a punto de ebullición. Todos los ejemplares eran transferidos a frascos con etanol al 96° y almacenados a temperatura 4°C. |
| Cono              | Una vez retirada la portezuela de la jaula, el frasco adjunto al ápice era retirado, etiquetado y almacenado a 4°C. Posteriormente el frasco era retirado y reemplazado por uno nuevo que contenía alcohol al 96°.                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Durante este periodo también se utilizaron trampas aéreas tipo 2, como las descritas para el primer periodo del muestreo y se colocaron en Jardín Botánico y en Ciencia Forense.

#### • Tercer periodo de muestreo

Durante el tercer periodo, se recolectó en el remanente número 211 ubicado dentro de las inmediaciones de la LCF, colocando dos trampas aéreas del tipo 2, utilizadas por Téllez (2018), con la siguiente modificación: se reemplazó el frasco que contenía el cebo por una botella de PET con capacidad de 600 mL y la botella de PET adjunta de 600 mL, que contenía el alcohol al 96°, fue reemplazada por una botella de PET de 1.5 L. Cada una de las trampas contenía aproximadamente 250g de carne de cerdo *S. scrofa*. Una de las trampas fue colocada a una altura de 1.5 metros sujeta a un tronco seco. La segunda trampa fue colocada a una distancia aproximada de 18 metros de la primera, bajo la sombra de un árbol.

Durante este periodo, se hicieron dos recolectas cambiando las botellas que contenían a los ejemplares por otras con alcohol al 96° limpio. La primera comprendió del 20 al 25 de junio de 2019 y la segunda comprendió del 25 de junio al 22 de julio de 2019. Posteriormente, los ejemplares fueron trasladados al laboratorio donde se transfirieron a frascos que contenían alcohol limpio al 96° y fueron almacenados a temperatura ambiente. Asimismo se realizó, utilizando el aspirador portátil, la colecta de los insectos que sobrevolaban alrededor de las trampas, el día que se hizo el cambio de

las botellas que contenían los ejemplares, y fueron depositados en frascos con alcohol al 96° para, posteriormente ser almacenados.

- **Cuarto periodo de muestreo**

Finalmente, el cuarto periodo de muestreo comprende los esfuerzos realizados para conformar el material utilizado durante el curso “*Teoría y métodos de identificación de especies de dípteros de importancia forense*” impartido dentro del programa del IV Congreso de Ciencia Forense: Elementos para la valoración de la prueba científica: una perspectiva desde la ciencia y los Derechos Humanos. Durante este muestreo se colocó una trampa igual a las utilizadas en el tercer periodo. La recolecta se realizó, siguiendo el mismo procedimiento utilizado durante el primer periodo, tras retirar la botella adjunta.

Asimismo, se utilizó el aspirador portátil para coleccionar a los individuos que sobrevolaron la trampa, los ejemplares capturados con el aspirador portátil, fueron trasladados a recipientes plásticos previamente etiquetados sin alcohol y con tapa rosca.

#### 5.4. Estimadores No Paramétricos sobre el Muestreo de la Riqueza

Para obtener las curvas de acumulación de especies se eligieron aleatoriamente 25 de las muestras revisadas (Tabla 7), utilizando un generador en línea de números aleatorios sin repetición. Es importante señalar que la base de datos de muestras se encuentra en una hoja de cálculo donde la primera fila corresponde a los títulos de columna, por lo que en el generador de números se colocó un intervalo de dos a 101 para contemplar las 100 trampas que componen el muestreo, resultando en los siguientes números aleatorios: 69, 27, 95, 68, 18, 55, 79, 19, 93, 37, 57, 80, 63, 50, 52, 21, 77, 3, 101, 92, 22, 86, 78, 33 y 28, es importante señalar que las muestras fueron introducidas de acuerdo a este orden para respetar la aleatoriedad del método.

Tabla 7. Número de individuos por especie, de 25 trampas utilizadas como matriz para EstimateS

| NO. | FECHA                 | TRAMPA      | ZONA | ESPECIES |   |   |   |    |    |   | TOTAL |
|-----|-----------------------|-------------|------|----------|---|---|---|----|----|---|-------|
|     |                       |             |      | 1        | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7 |       |
| 69  | 14/04/2017            | CN          | C.O  | 0        | 2 | 3 | 0 | 5  | 0  | 0 | 10    |
| 27  | 31/08/2016            | T.A 2       | C.O  | 0        | 6 | 5 | 0 | 10 | 5  | 3 | 29    |
| 95  | 9/9/2016<br>28/3/2017 | a T.A 1 Y 2 | C.O  | 0        | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0 | 2     |
| 68  | 13/04/2017            | AS          | C.O  | 0        | 5 | 2 | 0 | 0  | 0  | 0 | 7     |
| 18  | 24/06/2016            | T.A 1       | LCF  | 0        | 0 | 2 | 0 | 0  | 0  | 0 | 2     |
| 55  | 23/03/2017            | T.A 3       | C.O  | 0        | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0 | 1     |
| 79  | 27/04/2017            | AS          | C.O  | 0        | 3 | 0 | 0 | 4  | 4  | 0 | 11    |
| 19  | 26/06/2016            | -           | LCF  | 0        | 0 | 8 | 0 | 0  | 8  | 2 | 18    |
| 93  | 25/06/2017            | T.A 2       | LCF  | 0        | 1 | 0 | 0 | 1  | 2  | 0 | 4     |
| 37  | 19/10/2016            | T.A 3       | C.O  | 0        | 0 | 3 | 0 | 0  | 1  | 0 | 4     |
| 57  | 31/03/2017            | -           | C.O  | 0        | 0 | 0 | 2 | 0  | 0  | 0 | 2     |
| 80  | 28/04/2017            | AS          | C.O  | 0        | 4 | 3 | 1 | 1  | 21 | 0 | 30    |
| 63  | 06/04/2017            | R           | C.O  | 0        | 0 | 0 | 0 | 0  | 2  | 0 | 2     |
| 50  | 23/01/2017            | T.A 1       | C.O  | 0        | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0 | 1     |
| 52  | 02/02/2017            | N.C1        | C.O  | 0        | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0 | 1     |

Tabla 7. Número de individuos por especie, de 25 trampas utilizadas como matriz para EstimateS (Continuación)

| NO. | FECHA       | TRAMPA | ZONA | ESPECIES |    |   |   |   |    |   | TOTAL |
|-----|-------------|--------|------|----------|----|---|---|---|----|---|-------|
|     |             |        |      | 1        | 2  | 3 | 4 | 5 | 6  | 7 |       |
| 21  | 30/06/2016  | .      | LCF  | 0        | 0  | 7 | 0 | 2 | 4  | 0 | 13    |
| 77  | 25/04/2017  | T.A 3  | C.O  | 0        | 8  | 0 | 1 | 0 | 0  | 0 | 9     |
| 3   | 08/06/2016  | -      | LCF  | 0        | 1  | 0 | 0 | 1 | 0  | 0 | 2     |
| 101 | 30/09/2019  | T.A    | LCF  | 0        | 3  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 3     |
| 92  | 15/06/2017  | AS     | C.O  | 2        | 0  | 1 | 0 | 4 | 3  | 0 | 10    |
| 22  | 2-6/07/2016 | T.A.S  | C.O  | 0        | 0  | 2 | 0 | 1 | 2  | 0 | 5     |
| 86  | 04/05/2017  | AS     | C.O  | 0        | 6  | 5 | 3 | 3 | 10 | 0 | 27    |
| 78  | 26/04/2017  | AS     | C.O  | 0        | 0  | 6 | 4 | 1 | 17 | 0 | 28    |
| 33  | 14/09/2016  | T.A 1  | J.B  | 0        | 0  | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 | 1     |
| 28  | 31/08/2016  | T.A 1  | J.B  | 0        | 16 | 8 | 0 | 1 | 4  | 3 | 32    |

De esta manera, los datos fueron ingresados en una matriz en Excel 365 colocando el número de individuos por especie de cada una de las 25 muestras utilizadas (Anexo 2). Esta matriz se procesó utilizando el software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013) con los valores y condiciones señalados por defecto y seleccionando el tipo de formato dos para cálculos basados en muestras, como lo recomienda Colwell (2013).

Una vez obtenidos los valores de EstimateS se procedió a utilizar las fórmulas propuestas por Walther y Moore (2005) para calcular el valor de sesgo y exactitud de estos y poder elegir el mejor estimador de entre los estimadores usados con mayor frecuencia. Estas fórmulas resultan en valores entre cero y uno, cuando el valor se acerca más a cero se considera que el estimador tiene menor sesgo y mayor exactitud (Walther y Moore, 2005).

$$Sesgo = \frac{S_{estimada} - S_{verdadera}}{S_{verdadera}} \quad Exactitud = \left( \frac{S_{estimada} - S_{verdadera}}{S_{verdadera}} \right)^2$$

Una vez seleccionados los estimadores, estos fueron graficados individualmente (incluyendo sus valores de confianza 95% mínimo y máximo si estaban disponibles), utilizando Excel 365.

## 5.5. Identificación y Delimitación de especies

### 5.5.1. Identificación morfológica

Cada lote obtenido durante los tres periodos de colecta fue revisado y, con ayuda de claves morfológicas, se identificaron aquellos dípteros pertenecientes a la familia Fanniidae. Posteriormente, se realizó la separación de los ejemplares en morfotipos de acuerdo a las características observables en cada individuo. Asimismo, se utilizaron diversas claves morfológicas disponibles para la familia Fanniidae con el fin de identificar y otorgarle nombre a cada individuo (Tabla 8).

**Tabla 8. Claves taxonómicas utilizadas para la identificación morfológica de dípteros adultos colectados en la REPSA.**

| NIVEL TAXONÓMICO | CLAVE(S) UTILIZADA(S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | AUTOR(ES)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FAMILIA</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>KEY TO DIPTERA FAMILIES: ADULTS.</li> <li>Key to adults of the most common forensic species of Diptera in South America.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Brown <i>et al</i>, 2009</li> <li>De Carvalho y Mello-Patiu, 2008.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>GÉNERO</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Key to Genera of <i>Fanniinae</i>.</li> <li>A Key and Checklist to the Neotropical forensically important "Little House Flies" (Diptera: Fanniidae).</li> <li>Fanniidae (Fanniid Flies, Latrine Flies).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Chillcott, 1961.</li> <li>Grisales <i>et al</i>, 2016.</li> <li>Savage, 2010.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>ESPECIE</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Chave para adultos de dípteros (Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae) asociados ao ambiente humano no Brasil.</li> <li>Key to adults of the most common forensic species of Diptera in South America.</li> <li>Chave para adultos de dípteros (Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae) associados ao ambiente humano no Brasil</li> <li>Key to adults of the most common forensic species of Diptera in South America.</li> <li>Key to Males of Nearctic Species</li> <li>Key to Females of Nearctic Species</li> <li>A Key and Checklist to the Neotropical forensically important "Little House Flies" (Diptera: Fanniidae).</li> <li>Highland biodiversity of Fanniidae (Insecta: Diptera): fourteen new species from the Andes and Central America.</li> <li>Identification keys</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>De Carvalho <i>et al</i>, 2002.</li> <li>De Carvalho y Mello-Patiu, 2008.</li> <li>De Carvalho <i>et al</i>, 2002.</li> <li>De Carvalho y Mello-Patiu, 2008.</li> <li>Chillcott, 1961</li> <li>Chillcott, 1961</li> <li>Grisales <i>et al</i>, 2016</li> <li>Grisales y De Carvalho, 2019.</li> <li>Rozkosný <i>et al</i>, 1997.</li> </ul> |

### 5.5.2. Identificación Molecular

Para poder realizar la identificación molecular, se seleccionaron al azar individuos de cada morfotipo a los cuales se les asignó un voucher (conocido internamente en el laboratorio de entomología de la LCF como CPL) para ser ingresados en la CARF del Laboratorio de Entomología Forense, LCF de la UNAM (Tabla 9).

**Tabla 9. Número de voucher de cada individuo seleccionado por morfotipo para realizar extracción de DNA.**

| MORFO TIPO | GÉNERO          | NO. DE INDIVIDUOS | VOUCHER ASIGNADO | SEXO   | MORFO TIPO | GÉNERO          | NO. DE INDIVIDUOS | VOUCHER ASIGNADO | SEXO   |
|------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|
| A          | <i>Fannia</i>   | 2                 | CPL2310          | hembra | D          | <i>Euryomma</i> | 4                 | CPL2215          | hembra |
|            |                 |                   | CPL2311          | hembra |            |                 |                   | CPL2217          | hembra |
| B          | <i>Euryomma</i> | 3                 | CPL2216          | macho  |            |                 |                   | CPL2308          | hembra |
|            |                 |                   | CPL2298          | macho  |            |                 |                   | CPL2309          | hembra |
|            |                 |                   | CPL2299          | hembra | E          | <i>Fannia</i>   | 4                 | CPL2312          | macho  |
| C          | <i>Fannia</i>   | 4                 | CPL2212          | hembra |            |                 |                   | CPL2313          | macho  |
|            |                 |                   | CPL2214          | hembra |            |                 |                   | CPL2316          | macho  |
|            |                 |                   | CPL2302          | hembra |            |                 |                   | CPL2317          | macho  |
|            |                 |                   | CPL2303          | hembra | F          | <i>Fannia</i>   | 3                 | CPL2213          | hembra |

**Tabla 9. Número de voucher de cada individuo seleccionado por morfotipo para realizar extracción de DNA**  
(Continuación)

| MORFO TIPO | GÉNERO        | NO. DE INDIVIDUOS | VOUCHER ASIGNADO | SEXO   | MORFO TIPO | GÉNERO        | NO. DE INDIVIDUOS | VOUCHER ASIGNADO | SEXO   |
|------------|---------------|-------------------|------------------|--------|------------|---------------|-------------------|------------------|--------|
| F          | <i>Fannia</i> | 3                 | CPL2300          | macho  | H          | <i>Fannia</i> | 2                 | CPL2304          | hembra |
|            |               |                   | CPL2301          | hembra |            |               |                   | CPL2305          | hembra |
| G          | <i>Fannia</i> | 2                 | CPL2306          | macho  | I          | <i>Fannia</i> | 2                 | CPL2314          | hembra |
|            |               |                   | CPL2307          | macho  |            |               |                   | CPL2315          | hembra |

Una vez etiquetados, se realizó la extracción de DNA de cada ejemplar siguiendo el protocolo utilizando en el Laboratorio de Entomología Forense de la LCF:

1. Se enjuagó el ejemplar con agua destilada, posteriormente se colocó en un tubo para microcentrífuga de 1.5mL al cual se le adicionaron 500µL de amortiguador HOM (80 mM EDTA pH 8, 100 mM Tris y 0.5% SDS) y 15 µL de proteinasa K a una concentración de 20 µg/mL. Cada tubo se dejó incubar a 55°C alrededor de 18 horas.
2. Posteriormente a cada tubo se le adicionó un volumen de 500µL de una solución de cloruro de sodio a 4.5M. Además, se agregaron 300µL de cloroformo. Se agitaron gentilmente durante 15 minutos y posteriormente se colocaron en una microcentrífuga durante 15 minutos a 10,000 rpm.
3. Se transfirió la fase acuosa de cada tubo a nuevos tubos debidamente etiquetados, a los cuales se les adicionó 600µL de etanol al 100% a -20°C, asegurándose de mezclar bien. Posteriormente fueron colocados en la microcentrífuga por un tiempo de diez minutos a 13,000 rpm. Una vez transcurrido el tiempo, se desechó el sobrenadante de cada tubo.
4. Posteriormente se les adicionó 500µL de etanol al 80% y se dejaron incubar por cinco minutos. A continuación, se introdujeron 20 minutos a la microcentrífuga a 13,000rpm. Una vez transcurrido el tiempo, se desechó el sobrenadante de cada tubo. Estos pasos se repitieron una segunda vez.
5. Finalmente se dejó secar el pellet de DNA de cada ejemplar y se resuspendieron adicionando 50µL de agua inyectable.

Una vez extraído el DNA de cada ejemplar, se estimó la concentración y pureza de este colocando una alícuota de 1.0µL en el espectrofotómetro NanoDrop 2000, del Laboratorio de Biología Molecular de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM, con el objetivo de medir la absorbancia a 260nm. Así mismo, se obtuvo la pureza de los productos de la extracción calculando el cociente A260/A280 (Anexo 4). Una vez verificada la pureza y concentración de DNA, se utilizó la técnica de PCR para amplificar un fragmento del gen mitocondrial que codifica para la Citocromo Oxidasa subunidad I (COXI), utilizando como cebadores o *primers* LCO1490 y HCO2198, siguiendo el siguiente protocolo:

1. En tubos estériles para PCR se adicionaron 2.0µL de DNA (asegurándose que en estos existieran al menos 10ng de material genético) y 8.0µL del mix de reacción compuesto por Buffer de reacción MyTaq (dNTPs a 250mM cada uno, MgCl<sub>2</sub> a 3000µM, amplificadores y estabilizadores a concentraciones óptimas

(Bioline, s. f), cebadores o *primers* HCO y LCO a 0.2 $\mu$ M y 0.75 unidades (0.75u/ $\mu$ L) de Taq Polimerasa

2. Cada tubo se colocó dentro de un termociclador con las siguientes condiciones de amplificación: desnaturalización a 95 °C por 45 segundos, hibridación a 48 °C por un minuto, extensión a 72 °C por 7 minutos y un ciclo final a 4°C por tiempo indefinido.

Posteriormente, mediante una electroforesis en agarosa al 1.0%, se verificó el producto de la PCR. En seguida, cada producto de PCR fue mandado a secuenciar al Laboratorio de Secuenciación Genómica de la Biodiversidad y de la Salud del Instituto de Biología de la UNAM. Una vez obtenidas las secuencias se verificó la calidad de las mismas utilizando el visualizador FinchTV.v.1.4 y se descartaron aquellas secuencias que presentaron dobles picos, un valor de Q menor a 20 o bien, aquellas que presentaron señales de ruido excesivo (Tellez, 2018).

A continuación se realizó el alineamiento visual de las secuencias utilizando el software MEGA X. Posteriormente, se verificó la identidad de las secuencias utilizando el algoritmo de la Herramienta Básica de Búsqueda de Alineación Local (BLAST por sus siglas en inglés) y se incluyeron aquellas secuencias que contaban con el mayor porcentaje de identidad dentro del alineamiento. Una vez obtenidas las secuencias de referencia, se procedió a realizar la búsqueda de las descripciones taxonómicas y distribución de las especies identificadas por medio de BLAST.

### **5.5.3. Agrupación y Delimitación Molecular de Especies**

Posteriormente se utilizó el software JModelTest Versión 2.1.10 (Darriba *et al* 2012) para identificar el modelo de sustitución nucleotídica que mejor se ajustaba al alineamiento. Finalmente, utilizando el software MEGA X, se procedió a analizar el alineamiento para obtener el árbol de Neighbour Joining correspondiente, seleccionando como modelo de sustitución nucleotídica el modelo de Maximum Composite Likelihood y evaluando el soporte de los nodos por medio de un análisis de bootstrap con 1000 réplicas. Posteriormente, dicho árbol fue editado utilizando el software Adobe Photoshop CS6 para añadir las acotaciones correspondientes a los morfotipos, así como líneas de colores para ubicar las especies identificadas por morfología y por distancias genéticas, como métodos de delimitación de especies.

Además, utilizando el software MEGA X, se calcularon las distancias genéticas entre individuos, utilizando el método de Maximum Composite Likelihood como modelo de sustitución nucleotídica y usando 100 réplicas en bootstrap para calcular la varianza. Así mismo, se calcularon las distancias genéticas entre grupos de especies con los mismos parámetros.

### **5.6. Fotografiado de Especímenes para Elaboración de Láminas Fotográficas**

Una vez que se finalizó la etapa de identificación taxonómica y de extracción de DNA, así como la asignación de voucher CPL, se procedió a realizar la fijación fotográfica de los individuos representativos de cada morfotipo. A cada individuo se le realizaron tomas en vista dorsal, lateral y frontal.

Cuando el individuo que contaba con un número de voucher del que ya se había extraído el DNA se encontraba demasiado maltratado, se procedió a elegir un nuevo individuo mejor conservado, al cual se le asignó un nuevo código CPL y se añadió a la Bitácora de la CARF.

## 5.7. Comparación Bibliográfica Final

De toda la bibliografía consultada para la elaboración de esta tesis, se consideraron como relevantes ciertas publicaciones con el fin de concatenar las especies reportadas en dichas publicaciones con las observadas en la presente tesis. Las publicaciones tomadas en cuenta debían cumplir con los siguientes criterios:

- Hacer mención de especies de dípteros de la familia Fanniidae.
- Que las ubicaciones donde se reportan las especies se encuentren dentro de territorio mexicano, especialmente en CDMX.
- Ser lo más actuales posibles (no contar con más de 10 años de su publicación).

## 6. RESULTADOS

De los lotes analizados, en 100 se identificó la presencia de dípteros pertenecientes a la familia Fanniidae siendo estos un total de **1,433** individuos, de los cuales **399** fueron machos y **1,034** fueron hembras. Cada espécimen fue identificado a nivel familia utilizando la clave proporcionada por Brown *et al* (2009). Se identificaron nueve morfotipos, el número de individuos por morfotipo y sexo se presenta en la Tabla 10. Los datos completos del muestreo se encuentran en el Anexo 1.

Tabla 10. Total de individuos por morfotipo

| MORFOTIPO | A | B   | C   | D  | E  | F   | G   | H   | I  | TOTAL |
|-----------|---|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-------|
| HEMBRAS   | 5 | 58  | 280 | 80 | 0  | 241 | 0   | 351 | 19 | 1,034 |
| MACHOS    | 0 | 133 | 0   | 0  | 15 | 19  | 232 | 0   | 0  | 399   |
| TOTAL     | 5 | 191 | 280 | 80 | 15 | 260 | 232 | 351 | 19 | 1.433 |

### 6.1. Estimadores No Paramétricos Sobre el Muestreo de la Riqueza

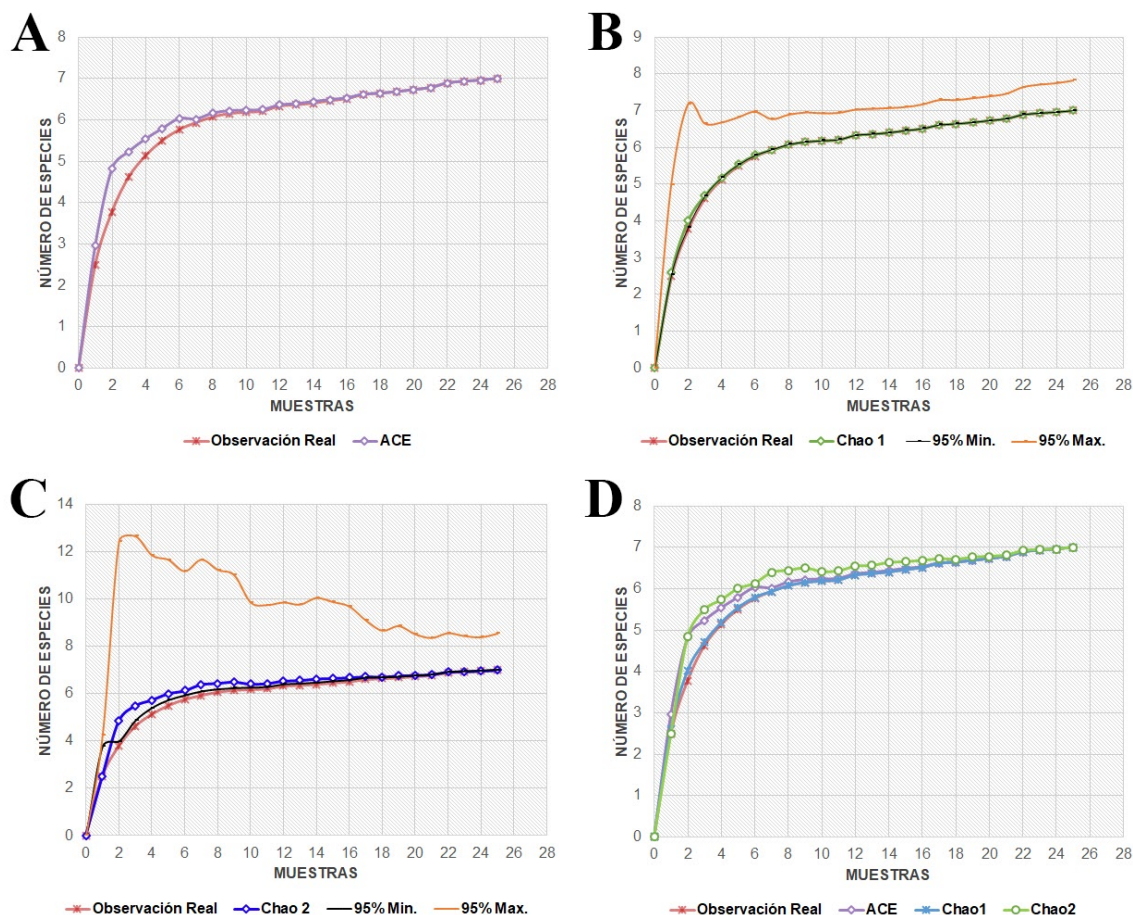
Una vez obtenidos los valores de EstimateS (Anexo 3) se seleccionó como primer paso a los estimadores más utilizados, según la literatura, estos son Chao1, Chao2, Jackknife 1, Jackknife 2, ACE, ICE y Bootstrap. Cada uno de estos estimadores presentaron los valores de sesgo y exactitud mostrados en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores de sesgo y exactitud para 7 estimadores no paramétricos de riqueza.

|            | ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS |            |        |        |        |            |            |
|------------|-----------------------------|------------|--------|--------|--------|------------|------------|
|            | ACE                         | ICE        | CHAO 1 | CHAO 2 | JACK 1 | JACK 2     | BOOTSTRAP  |
| S.REAL= 7  |                             |            |        |        |        |            |            |
| S.ESTIMADA | 7                           | 7.53       | 7      | 7      | 1.96   | 8.88       | 7.41       |
| SESGO      | 0                           | 0.07571429 | 0      | 0      | -0.72  | 0.26857143 | 0.05857143 |
| EXACTITUD  | 0                           | 0.00573265 | 0      | 0      | 0.5184 | 0.07213061 | 0.00343061 |

De los resultados anteriores, se eligieron solamente aquellos estimadores que presentaban un valor exactamente de cero tanto en sesgo como en exactitud. Estos estimadores fueron ACE, Chao1 y Chao2, los cuales fueron graficados para obtener las

curvas de acumulación de especies representadas en la siguiente lámina (Figura 10), donde en cada gráfica el eje vertical representa el número de especies mientras que el eje horizontal indica el número de trampas revisadas. Así mismo cada gráfica cuenta con una curva de color rojo la cual representa la observación real.



**Figura 10. Curvas de acumulación de especies para cada estimador no paramétrico de riqueza. A:** curva de acumulación de especies para ACE. **B:** Curva de acumulación de especies para Chao1. **C:** Curva de acumulación de especies para Chao2. **D:** Curvas de acumulación de especies de los tres estimadores.

En el panel A de la figura 10 se aprecia que revisando mínimo 16 trampas provenientes de la REPSA se obtendría el total de especies de Fanniidae presentes en esta región. Esta misma cantidad de trampas es señalada con el estimador Chao 1 representado en la gráfica B (Figura 10, B). Por otro lado, en la siguiente gráfica (Figura 10, C) se indica que la riqueza total de Fanniidae para la REPSA se alcanzaría al revisar como mínimo 15 trampas. En la última gráfica (Figura 10, D) se puede observar que todos los estimadores en la trampa número 22.

De esta manera, los estimadores antes mencionados indican que el esfuerzo de muestreo llevado a cabo incluye una representación de la riqueza de sitio, dado que para obtener dicha riqueza deben revisarse al menos 22 trampas del esfuerzo de recolecta total y en el presente estudio se revisó la totalidad del esfuerzo de muestreo, separando a cada individuo perteneciente a la familia Fanniidae.

## 6.2. Identificación y Delimitación de Especies

### 6.2.1. Identificación Morfológica

Tras hacer la clasificación de los individuos en morfotipos, estos fueron identificados morfológicamente a nivel de género y especie, utilizando las claves proporcionadas por Chillcott (1961), Rozkosný *et al* (1997), Wendt y De Carvalho (2007), Savage (2010) y Grisales y De Carvalho (2019). Obteniendo las especies de *Fannia immutica* para el morfotipo A, *Fannia canicularis* para los morfotipos C y E, y *Fannia pusio* para los morfotipos G y H. Sin embargo, para los morfotipos restantes solamente se pudo determinar morfológicamente el género, siendo *Euryomma* para los morfotipos B y D y *Fannia* para los morfotipos F e I. Las descripciones morfológicas de las especies identificadas con el método de morfología, así como su distribución se encuentran en la siguiente tabla (Tabla 12).

Tabla 12. Especies de Fanniidae identificadas con el método de morfología, descripción de los principales caracteres morfológicos que las separan y su distribución registrada.

| GÉNERO / ESPECIE                       | MORFOTIPO | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | DISTRIBUCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Fannia immutica</i><br>Collin, 1939 | A         | <p>Moscas con longitudes de 6.0 mm a 6.5 mm. Presentan coloración gris polinosa (Chillcott, 1961; Zhang <i>et al</i>, 2011).</p> <p><b>Macho. Cabeza:</b> Ojos con acomodo holóptico y presencia de pelos cortos y esparcidos. Setas post oculares acomodadas en una hilera, detrás de estas se encuentran las setas occipitales (Zhang <i>et al</i>, 2011). Placa fronto-orbital y parafacial con pruinescencia (Pruinescencia: Capa que recubre la cutícula del insecto y que otorga la apariencia de empolvado) plateada. Presencia de 10 a 12 setas frontales que casi alcanzan el triángulo ocelar, 6 o 7 pares de setas pequeñas entre ellas (Zhang <i>et al</i>, 2011). Antena negra con el tercer segmento antenal 2.5 veces más largo que ancho. Arista negra más ancha en la base. <b>Tórax:</b> Coloración café, scutum con pruinescencia café, sin presencia de vitta. Setas acrosticales presuturales biserials y post suturales triserials (Zhang <i>et al</i>, 2011). Calípteres amarillentos, alas con coloración cafésosa. Patas completamente negras, coxa delantera desnuda en la parte ventral, fémur delantero con filas completas de setas postero dorsales. Tibia media ligeramente hinchada en la parte media, sin setas en forma de gancho o de espina en los márgenes exteriores; fémur medio con setas antero ventrales en el tercio basal, una fila de setas posteroventrales. Coxa trasera con 3 a 5 setas en la parte ventral; fémur trasero con presencia de setas cortas en la cara antero ventral del tercio basal que incrementan en longitud hacia la parte apical. Tibia trasera con presencia de 5 a 6 setas en la parte anteroventral y de 12 a 13 en la parte anterodorsal (Zhang <i>et al</i>, 2011). Abdomen: De forma oval, de coloración oscura, tergitos del uno al cuatro con presencia de vitta medial invertida, tergito 5 con vitta medial (Chillcott, 1961; Zhang <i>et al</i>, 2011).</p> <p><b>Hembra:</b> Patas negras con tibias regularmente rojizas. Presencia de setas posteroventrales en el fémur delantero, fuertes en el tercio apical. Tibia media sin presencia de setas y tibia trasera con presencia de dos a tres setas antero ventrales (Chillcott, 1961).</p> | Se trata de una especie de distribución holártica, con registros en países como Alemania, Gran Bretaña, Francia, República Checa, Japón, Canadá y Alaska (Chillcott, 1961; Rozkosný <i>et al</i> 1997; GBIF Secretariat, 2019; BoldSystems, s/f; Zhang <i>et al</i> , 2011). |

**Tabla 12. Especies de Fanniidae identificadas con el método de morfología, descripción de los principales caracteres morfológicos que las separan y su distribución registrada (Continuación)**

| GÉNERO / ESPECIE      | MORFOTIPO | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DISTRIBUCIÓN                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Euryomma</i> sp1   | <b>B</b>  | A pesar de no poder realizar una identificación morfológica fehaciente de este morfotipo con las claves que al momento se cuentan, es importante señalar que este morfotipo presenta características similares a las de <i>Euryomma carioca</i> Albuquerque, 1956. <b>Descripción</b> (Wendt y De Carvalho, 2007; Domínguez y Roig-Juñent, 2017): Esta especie puede reconocerse fácilmente dado que presenta tibias y trocánteres amarillos. Además, la tibia delantera cuenta con una seta en el tercio apical posicionada anterodorsalmente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | A la fecha solo existen registros de esta especie para Brasil, Colombia, Costa Rica y Argentina (Domínguez y Roig-Juñent, 2017).                                                                 |
|                       |           | <b>Macho:</b> Moscas entre 2.8 mm y 3.2 mm generalmente de color café claro pardo, no brillante. <b>Cabeza:</b> Ojos con acomodo dicóptico, dos pares de setas frontales intercaladas por varios cilios. Seta orbital inferior con acomodo divergente, mientras que la superior se encuentra dirigida hacia la parte posterior de la cabeza. Vitta frontal, placa fronto-orbital, parafacial y gena de color gris-amarillento. Palpos color café oscuro. Antena: Escapo y pedicelo amarillos, primer flagelomero café oscuro con pilosidad plateada. Arista subpubescente con ápice café oscuro y base café claro. <b>Tórax:</b> Presencia de tres vittae café claro que coinciden con la posición de las setas acrosticales y dorsocentrales. Presencia de dos setas pre-alares, ausencia de seta escutelar lateral. Calípteres y halterios blancos-amarillentos. Alas hialinas. Coxas color café, fémures cafés con ápices color café claro. Trocánteres y tibias amarillo-anaranjadas. Tarsos color negro. <b>Abdomen:</b> Mitad basal de los tergitos color gris mientras que la mitad apical es de color café a café oscuro. <b>Terminalia:</b> Epandrio más largo que ancho con presencia de setas de diferentes tamaños y posicionadas de manera dispersa. Proyección lateral del epandrio nula, más ancha que el surstilo. Surstilo triangular con presencia de setas fuertes. placa central notoriamente cóncava, con forma de "U". Otros caracteres: Presencia de una seta en el tercio apical de la cara anterodorsal de la tibia delantera. Presencia de cilio en la cara posterior de la coxa trasera. Presencia de una serie de setas fuertes en la cara ventral del fémur trasero. |                                                                                                                                                                                                  |
|                       |           | <b>Hembra:</b> Parecida al macho. Sin embargo, son un poco más grandes midiendo entre 3.0 mm a 3.2 mm. <b>Abdomen:</b> Esternito 8 reducido a dos placas ovales pequeñas con 4 setas. Esternitos 6 y 7 con presencia de setas en el margen posterior (Domínguez y Roig-Juñent, 2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                  |
| <i>F. canicularis</i> | <b>E</b>  | Esta especie de moscas alcanza tamaños entre 4.5 mm y 7.0mm, puede reconocerse fácilmente por el patrón de líneas presente en el tórax y la presencia de coloración amarilla en la base de los tergitos abdominales (Chillcott, 1961)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Es considerada una especie cosmopolita y sinantrópica (Grisales <i>et al</i> , 2012) por lo que puede ser encontrada en las cinco regiones biogeográficas, en estrecha relación con los humanos. |
|                       |           | <b>Macho:</b> Moscas de coloración café-grisácea a amarillenta (Chillcott, 1961; Grisales <i>et al</i> , 2012). <b>Cabeza:</b> Ojos desnudos, con presencia de setas frontales que varían en número de 10 a 13. Parafrontal de color gris plateada polinosa sin presencia de setas. Vitta frontal de coloración negra a gris (Chillcott, 1961; Grisales <i>et al</i> , 2012). Escapo y pedicelo negros, tercer segmento antenal dos veces más largo que ancho, arista café oscura con base negra (Chillcott, 1961; Grisales <i>et al</i> , 2012). Palpos negros filiformes. <b>Tórax:</b> Presencia de 3 vittae color café que siguen la posición de las setas acrosticales y dorsocentrales sin llegar a la base del escutelo. Alas y calípteres amarillentos (Chillcott, 1961, Grisales <i>et al</i> , 2012). Patas de coloración café oscuro a negro. Presencia de una serie de setas en la parte posteroventral del fémur medio. La tibia media se constriñe en su parte ventral de la mitad basal (Chillcott, 1961; Grisales <i>et al</i> , 2012). Ausencia de protuberancia en la parte apical de la cara ventral del tercer fémur. Presencia de setas posteroventrales en la mitad apical del tercer fémur (Chillcott, 1961; Grisales <i>et al</i> , 2012).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                  |

**Tabla 12. Especies de Fanniidae identificadas con el método de morfología, descripción de los principales caracteres morfológicos que las separan y su distribución registrada (Continuación).**

| GÉNERO / ESPECIE      | MORFOTIPO | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | DISTRIBUCIÓN                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>F. canicularis</i> | <b>E</b>  | Tercer tibia con presencia de dos setas anteroventrales y una hilera de setas anterodorsales en su mitad basal (Chillcott, 1961; Grisales <i>et al</i> , 2012). <b>Abdomen:</b> Con forma elongada y de coloración café grisácea. Fusión de los tergitos uno y dos. Coloración de los tergitos dos a tres amarillenta translúcida, con presencia de vitta medial color café (Grisales <i>et al</i> , 2012). <b>Terminalia:</b> Epandrio ligeramente más ancho que largo, con presencia de setas en la mitad basal, dos setas desarrolladas basalmente. Surtilo más ancho en la base con presencia de setas en los márgenes externos (Grisales <i>et al</i> , 2012).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Es considerada una especie cosmopolita y sinantrópica (Grisales <i>et al</i> , 2012) por lo que puede ser encontrada en las cinco regiones biogeográfica, en estrecha relación con los humanos.       |
|                       | <b>C</b>  | <b>Hembra:</b> Las hembras de esta especie difieren de los machos en los siguientes caracteres: <b>Cabeza:</b> Parafrontal y parafacial con presencia de setúlas uniseriales. Tercer segmento antenal más ancho que largo (Chillcott, 1961). <b>Tórax:</b> Vittae usualmente más pálida que en los machos. Las setas acrosticales son más regulares y triseriales (Chillcott, 1961). patas de coloración más pálida que en los machos. La tibia delantera con presencia de setas antero dorsales distintivas pero débiles. Fémur medio con setulas anteroventrales. Tibia trasera con dos setas antero ventrales y de cuatro a seis setas antero dorsales. (Chillcott, 1961). <b>Abdomen:</b> Débilmente polinoso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Euryomma</i> sp2   | <b>D</b>  | Tras utilizar las claves morfológicas disponibles para este género, no fue posible determinar la especie a la que pertenece este morfotipo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Fannia</i> sp1     | <b>F</b>  | No fue posible determinar la especie a la que corresponde este morfotipo con las claves morfológicas con las que se cuentan al momento. Es relevante señalar que los machos de este morfotipo presentan coloración amarilla en los tarsos frontales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                       |
| <i>F. pusio</i>       | <b>G</b>  | Estas moscas presentan tamaños que van desde 3.7 mm a 5.2 mm (Domínguez, 2007)<br><br><b>Macho:</b> El tamaño de los machos de esta especie varía entre 3.7 mm a 4.5mm. <b>Cabeza:</b> Vitta frontal de color negro, frons cubierto de pruinescencia gris plateada. Presencia de 10 a 13 setas frontales. Ojos con acomodo holóptico, desnudos. Setas post oculares posicionadas en una sola hilera y con longitudes similares. Placa fronto orbital y parafacial gris plateada a gris oscura, coloración de la fascia y de la gena gris oscura (Domínguez, 2007; Grisales <i>et al</i> , 2012). Escapo y pedicelo gris oscuros con pubescencia dorada-plateada, antena de 2 a 2.5 veces más larga que ancha, con pruinescencia gris plateada, arista de coloración café con pubescencia corta. Palpos café oscuro y filiformes (Domínguez, 2007; Grisales <i>et al</i> , 2012).<br><b>Tórax:</b> Scutum y scutellum café oscuro a negro. Setas acrosticales pre suturales y post suturales triseriales sin acomodo en hilera. Presencia de dos setas pre alares. Alas y halterios amarillentos, calipteres blanquecinos (Domínguez, 2007; Grisales <i>et al</i> , 2012). patas de coloración café oscura. Fémur delantero de normal a globoso, con presencia de una fila de setas postero dorsales y una fila de setas posteroventrales que se engrosan hacia el ápice del fémur. Fémur medio con una fila de setas en acomodo anterodorsal y una fila de setas antero ventrales tan largas como el ancho del fémur. Presencia de una fila de setas posteroventrales delgadas en su base y dos a tres filas de setas posteroventrales más gruesas con forma de gancho en su ápice. Tibia medial delgada, constreñida en su base, presencia de débil protuberancia subbasal. Coxa trasera con presencia de setas posteriores cortas. Fémur trasero normal con presencia de débil protuberancia en la cara posteroventral, con una fila de setas antero dorsales, una fila de setas antero ventrales. Presencia de conjunto de setas subapical rizadas en el ápice, posicionadas en la cara postero ventral del fémur trasero en la protuberancia. tibia trasera con presencia de una o dos filas de setas largas en la cara ventral, una fila de setas anteriores (Domínguez, 2007; Grisales <i>et al</i> , 2012). <b>Abdomen:</b> Con forma elongada, con coloración café oscura. Tergitos dos a cuatro | <i>Fannia pusio</i> es considerada una especie cosmopolita y sinantrópica (Domínguez, 2007) por lo que puede ser encontrada en las cinco regiones biogeográfica, en estrecha relación con los humanos |

**Tabla 12. Especies de Fanniidae identificadas con el método de morfología, descripción de los principales caracteres morfológicos que las separan y su distribución registrada (Continuación).**

| GÉNERO / ESPECIE  | MORFOTIPO | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DISTRIBUCIÓN                                                                                                                                                                       |
|-------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>F. pusio</i>   | <b>G</b>  | trimaculados (Chillcott, 1961; Domínguez, 2007; Grisales <i>et al</i> , 2012). <b>Terminalia:</b> Epandrium ligeramente más ancho que largo, surstilo con débil proyección lateroventral. Proceso baciliforme ausente (Chillcott, 1961; Domínguez, 2007; Grisales <i>et al</i> , 2012).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Es considerada una especie cosmopolita y sinantrópica (Domínguez, 2007) por lo que puede ser encontrada en las cinco regiones biogeográficas, en estrecha relación con los humanos |
|                   | <b>H</b>  | <b>HEMBRA:</b> Moscas de tamaño entre 4.8 mm a 5.2 mm. Difiere del macho por los siguientes caracteres: <b>Cabeza:</b> Presencia de pruinescencia gris a café en la vitta frontal, triángulo ocelar largo. Placa fronto orbital con pruinescencia plateada, más densa en el margen de los ojos donde la coloración cambia a rojiza-café. Setas orbitales superiores e inferiores presentes. Presencia de una fila de setas frontoparietales largas (Domínguez, 2007). <b>Tórax:</b> Fémur medio con presencia de cinco a seis filas de setas cortas anteriores, una fila de setas posterocentrales cortas. Tibia media recta sin protuberancia en la cara ventral. Fémur trasero sin protuberancia posteroventral, presencia de una fila de setas anteroventrales. tibia trasera con presencia de dos setas antero ventrales apicales y una más corta que estas (Domínguez, 2007) |                                                                                                                                                                                    |
| <i>Fannia</i> sp2 | <b>I</b>  | Tras utilizar las claves morfológicas disponibles para este género, no fue posible determinar la especie a la que pertenece este morfotipo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                    |

### 6.2.2. Identificación molecular

Para realizar la extracción de DNA, se eligieron 26 ejemplares que en conjunto representaban a los nueve morfotipos identificados morfológicamente. A cada ejemplar se le asignó un número de voucher (código CPL) que es el identificador en el Catálogo de la Colección de Artrópodos de Referencia Forense de la Licenciatura en Ciencia Forense, UNAM (Tabla 9). La concentración de DNA de los 26 ejemplares corresponden a valores que oscilaban entre 834.3 ng/μL y 4.0 ng/μL (Anexo 4). Además, para conocer la pureza de las extracciones, se calculó el cociente A260/A280 obteniendo valores que oscilaron entre 1.75 y 2.17 (Anexo 4). Considerando que una muestra pura debe tener un valor de A260/A280 mayor o igual a 1.70 (Demeke y Jenkins, 2010), las extracciones de DNA de los 26 ejemplares son consideradas con alto grado de pureza y en general, con valores adecuados de concentración para el análisis posterior.

En cuanto a la electroforesis, todos los productos corrieron adecuadamente a excepción del obtenido de CPL2308, aunque presentaba una concentración de 114.4 ng/μL y una pureza de 2.10 no se observó con claridad en el gel de agarosa y por ende se descartó, quedando un total de 25 extracciones, las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Secuenciación Genómica de la Biodiversidad y de la Salud del Instituto de Biología de la UNAM para su secuenciación. De las 25 secuencias remitidas, solamente se descartó la secuencia CPL2310 dado que no cumplió con los criterios de calidad utilizados en este estudio (presentar valores de Q mayores a 20, no tener excesiva cantidad de ruido, no presentar dobles picos (Tellez, 2018), ya que contenía excesiva cantidad de ruido. Las 24 secuencias que cumplieron con los criterios de calidad y que fueron utilizadas en este estudio se encuentran en el Anexo 6, y su tamaño se encuentra en la Tabla 13.

**Tabla 13. Tamaño de las 24 secuencias de dípteros de la familia Fanniidae obtenidos en este estudio.**

| TAMAÑO | NO. DE SECUENCIAS | CPL DE LAS SECUENCIAS                                                                     |
|--------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 581 pb | 2                 | 2312 y 2317                                                                               |
| 580 pb | 15                | 2214, 2216, 2217, 2215, 2212, 2313, 2300, 2301, 2213, 2306, 2307, 2304, 2311, 2315 y 2314 |
| 579 pb | 1                 | 2305                                                                                      |
| 561 pb | 1                 | 2299                                                                                      |
| 558 pb | 1                 | 2298                                                                                      |
| 531 pb | 1                 | 2302                                                                                      |
| 529 pb | 1                 | 2309                                                                                      |
| 527 pb | 1                 | 2316                                                                                      |
| 504 pb | 1                 | 2303                                                                                      |

Tras utilizar la herramienta BLAST del NCBI por sus siglas en inglés, se obtuvieron 7 secuencias de referencia correspondientes con *F. canicularis*, *Fannia latipalpis* Stein 1892, *Fanniidae* sp, dos nombradas como *Fannia* sp, *F. pusio* y *Fannia umbrosa* Stein 1895, con porcentajes de identidad que oscilaron entre el 99.83% y el 90.52% (Tabla 14). Después de agregarlas al alineamiento, estas secuencias fueron ajustadas a un tamaño de 585 pb, y pueden ser consultadas en el Anexo 5 de esta tesis.

**Tabla 14. Secuencias de referencia utilizadas en el presente estudio.**

| ORGANISMO             | IDENTIFICADOR DE GENBANK | ARTÍCULO (ESTADO DE PUBLICACIÓN)                                                                                                                                          | AUTORES                       | %ID    |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------|
| <i>F. canicularis</i> | <b>KJ083278</b>          | Rapid Barcode-assisted Terrestrial Biomonitoring Point Pelee National Park (No publicado)                                                                                 | Dewaard <i>et al</i> , 2014.  | 99.83% |
| <i>F. latipalpis</i>  | <b>KY511180</b>          | DNA barcoding allows identification of European Fanniidae (Diptera) of forensic importance. (Publicado)                                                                   | Grzywacz <i>et al</i> , 2017. | 93.19% |
| <i>Fanniidae</i> sp.  | <b>JF871069</b>          | Aportación directa                                                                                                                                                        | iBOL, 2011.                   | 96.88% |
| <i>Fannia</i> sp.     | <b>MG086957</b>          | Aportación Directa.                                                                                                                                                       | Dewaard, 2017.                | 98.10% |
| <i>Fannia</i> sp.     | <b>KY924304</b>          | A new species of Fannia (Diptera: Fanniidae) from Brazil and a preliminary molecular characterization of fanniid flies of forensic and medical importance. (No publicado) | Mira <i>et al</i> , 2017.     | 91.65% |
| <i>F. pusio</i>       | <b>JF872300</b>          | Aportación directa.                                                                                                                                                       | iBOL, 2011.                   | 96.52% |
| <i>F. umbrosa</i>     | <b>KY511232</b>          | DNA barcoding allows identification of European Fanniidae (Diptera) of forensic importance. (Publicado)                                                                   | Grzywacz <i>et al</i> , 2017. | 90.52% |

Posteriormente, debido a que el presente estudio se realizó bajo un enfoque de taxonomía integradora, se realizó la búsqueda de las descripciones taxonómicas y distribución de las especies obtenidas con BLAST. Lo anterior se hizo con el fin de concatenar las descripciones morfológicas disponibles con lo observado en los especímenes de este estudio ya que, en la mayoría de los casos, con BLAST se obtuvieron nombres de especies diferentes a las obtenidas con morfología, para algunos morfotipos. En la Tabla 15 se presentan las descripciones morfológicas disponibles para las especies identificadas con BLAST y que difieren de aquellas identificadas con

morfología, por lo que en esta tabla se han omitido las descripciones y distribuciones de las especies que coinciden en ambos métodos, siendo estas *F. canicularis* y *F. pusio*.

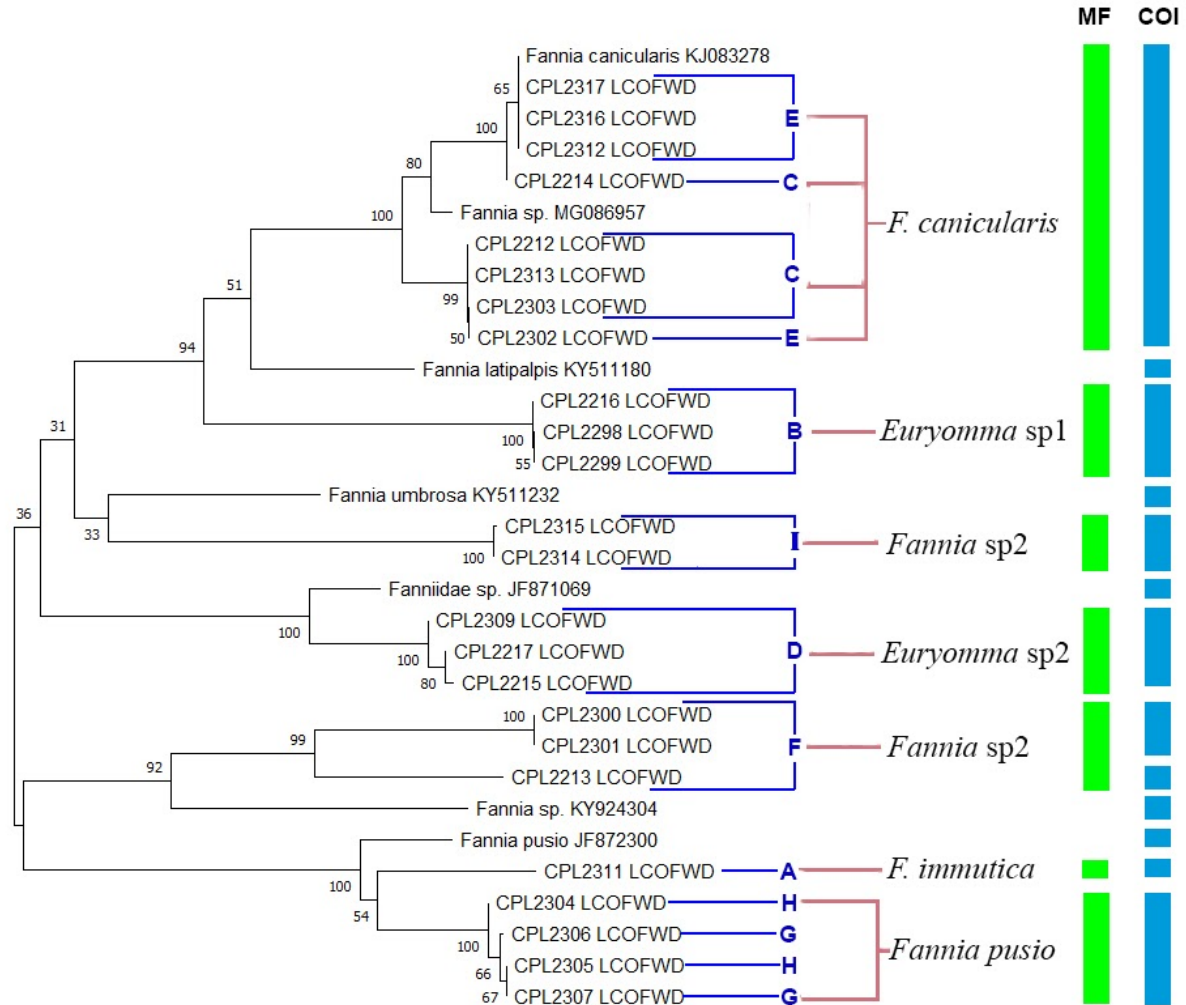
Además, cabe destacar que las secuencias correspondientes a los morfotipos D y F no cuentan con nombre de especie específico, por lo que no fue posible ubicar sus descripciones morfológicas.

Tabla 15. Especies de Fanniidae obtenidas con BLAST. Descripción morfológica y distribución

| ORGANISMO             | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DISTRIBUCIÓN                                                                                                                                                                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>F. canicularis</i> | La descripción morfológica y datos de distribución de esta especie se encuentran en la Tabla 12.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                             |
| <i>F. pusio</i>       | La descripción morfológica y datos de distribución de esta especie se encuentran en la Tabla 12.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                             |
| <i>F. latipalpis</i>  | <p>Moscas de coloración marrón a gris, su tamaño se encuentra entre 4 mm y 5.5 mm (Stein, 1892).</p> <p><b>Macho. Cabeza:</b> Placas fronto orbitales separadas por una vitta frontal muy estrecha, la distancia entre los ojos es más ancha que el ancho del frageromero antenal (Rozkosný <i>et al</i>, 1997). Presencia de subpubescencia plateada que se vuelve amarillenta hacia la parte superior de la cabeza (Stein, 1982). Los palpos son más anchos en el ápice. <b>Tórax:</b> Subpubescencia en la parte posterior del tórax de color amarillo parduzco. Subpubescencia gris en el margen posterior del escutelo y en los márgenes laterales del tórax (Stein, 1982). Presencia de 3 vittae, la medial alcanza la base del escutelo (Stein, 1982). Alas ligeramente cafés (Stein, 1982). patas de coloración negra con las articulaciones de coloración rojiza (Stein, 1982). El segundo fémur se estrecha hacia el ápice y presenta una protuberancia en la parte ventral (Stein, 1982). Tibia trasera con presencia de seta fuerte posicionada de manera anterodorsal, debajo de este se encuentran de una a tres setas cortas (Stein, 1982; Rozkosný <i>et al</i>, 1997). <b>Abdomen:</b> Con forma oblonga y de coloración gris parduzca (Stein, 1982). Recubierto de setas cortas que se alargan en los bordes laterales de los tergitos (Stein, 1982).</p> <p><b>Hembra Tórax:</b> Calípter inferior estrecho, con margen triangular redondeado (Rozkosný <i>et al</i>, 1997).</p> | Esta especie se ha reportado en países como Albania, Hungría, Rumania, Bulgaria y Francia, teniendo una distribución principalmente europea (Rozkosný <i>et al</i> , 1997). |
| <i>F. umbrosa</i>     | <p><b>Macho. Cabeza:</b> Los ojos ocupan casi toda la cabeza vistos de manera lateral, su acomodo es holóptico, el triángulo ocelar es casi imperceptible. Las genas presentan subpubescencia gris casi imperceptible. Presencia de setas fronto orbitales que terminan en el triángulo ocelar (Stein, 1982). <b>Tórax:</b> Coloración negra, presencia de subpubescencia parduzca no muy clara. Alas de coloración ligeramente café. Calípteres color café, halterios de blancos a cafés. Fémur trasero con una fila de setas posteroventrales que varían en cantidad de 10 a 14. Presencia de pequeño espolón en el metatarso <b>Abdomen:</b> Coloración café parduzca, con presencia de manchas traseras.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Los registros de esta especie se encuentran distribuidos en la región paleártica (Pont, 2013)                                                                               |

### 6.2.3. Agrupación y Delimitación de Especies

Una vez obtenidas las secuencias de referencia con BLAST, estas se agregaron al alineamiento y se obtuvo, con ayuda del software JModelTest, el modelo de sustitución nucleotídica que mejor se ajustaba a los datos. El modelo seleccionado fue GTR+I o Maximum Composite Likelihood, con el software MEGA X se obtuvo el árbol de NJ (Figura 11). Este árbol permitió evaluar el agrupamiento de cada secuencia.



**Figura 11.** Árbol de Neighbor Joining para la familia Fanniidae de la REPSA. Se indica el morfotipo correspondiente a cada espécimen y la especie que se asignó a estos, MF: Morfología, morfoespecies identificadas morfológicamente. COI: Especies delimitadas de acuerdo a los resultados de las distancias genéticas. Los números en cada nodo corresponden con los valores de bootstrap.

Posteriormente, se realizó el cálculo de las distancias genéticas entre individuos (Anexo 7) y entre grupos (Tabla 16), tomando como referencia los clados observados en el árbol de NJ y los resultados de las distancias entre individuos. De esta manera, las secuencias quedaron agrupadas de la siguiente manera:

- Se formó un grupo con las secuencias CPL 2317, CPL2316, CPL 2312, CPL 2214, CPL 2212, CPL 2313, CPL 2303, CPL 2302 al que se le etiquetó con el nombre de *F. canicularis* dado que los especímenes corresponden morfológicamente con esta especie.
- Cuando no fue posible obtener un nombre de especie (ya sea con información morfológica o con información molecular) los grupos formados por las secuencias se etiquetaron con el nombre del género identificado morfológicamente: *Euryomma* sp1 que incluye a las secuencias CPL 2216, CPL 2298 y CPL 2299; *Euryomma* sp2 con las secuencias CPL 2309, CPL 2215 y CPL 2217; *Fannia*

sp1 que incluye a las secuencias CPL 2300, CPL 2301 y CPL 2213; finalmente *Fannia* sp2 para el grupo de secuencias CPL 2315 y CPL 2314.

- Las secuencias CPL 2304, CPL 2306, CPL 2305 y CPL 2307 forman al grupo etiquetado como *Fannia pusio*, ya que los individuos corresponden morfológicamente con dicha especie.
- Se formó un grupo con el nombre e *Fannia immutica* con la secuencia CPL 2311, dado que esta corresponde a una especie diferente de *Fannia pusio* (especie que se le asignó según la secuencia de referencia obtenida de BLAST), según lo observado en el cálculo de las distancias genéticas entre grupos (Tabla 16) e individuos (Anexo 7) y los caracteres morfológicos.
- Las secuencias de referencia fueron agrupadas por separado, cada una formando un grupo, con el fin de conocer la distancia de estas entre los grupos de especies delimitadas en el presente estudio y discernir si se tratan de las mismas especie o no, de acuerdo al criterio del 2%

Tabla 16. Distancias genéticas entre grupos.

| GRUPOS |                         | GRUPOS |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |                         | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     |
| 1      | F. canicularis KJ083278 |        | 0.0045 | 0.0193 | 0.0278 | 0.0333 | 0.0344 | 0.0064 | 0.0414 | 0.0425 | 0.0372 | 0.0397 | 0.0415 | 0.0300 | 0.0357 |
| 2      | F. canicularis          | 0.0146 |        | 0.0172 | 0.0266 | 0.0326 | 0.0343 | 0.0056 | 0.0400 | 0.0416 | 0.0367 | 0.0398 | 0.0411 | 0.0275 | 0.0343 |
| 3      | F. latipalpis KY511180  | 0.0723 | 0.0648 |        | 0.0208 | 0.0311 | 0.0343 | 0.0170 | 0.0400 | 0.0377 | 0.0357 | 0.0405 | 0.0394 | 0.0296 | 0.0339 |
| 4      | Euryomma sp1            | 0.1050 | 0.1014 | 0.0762 |        | 0.0369 | 0.0400 | 0.0240 | 0.0412 | 0.0424 | 0.0420 | 0.0427 | 0.0448 | 0.0269 | 0.0361 |
| 5      | Fanniidae sp. JF871069  | 0.1310 | 0.1289 | 0.1225 | 0.1429 |        | 0.0099 | 0.0282 | 0.0289 | 0.0346 | 0.0358 | 0.0386 | 0.0371 | 0.0240 | 0.0346 |
| 6      | Euryomma sp2            | 0.1356 | 0.1365 | 0.1373 | 0.1564 | 0.0332 |        | 0.0300 | 0.0313 | 0.0388 | 0.0367 | 0.0396 | 0.0407 | 0.0247 | 0.0373 |
| 7      | Fannia sp. MG086957     | 0.0175 | 0.0186 | 0.0622 | 0.0888 | 0.1096 | 0.1185 |        | 0.0367 | 0.0396 | 0.0350 | 0.0375 | 0.0382 | 0.0254 | 0.0319 |
| 8      | Fannia sp. KY914304     | 0.1590 | 0.1547 | 0.1548 | 0.1568 | 0.1138 | 0.1246 | 0.1405 |        | 0.0261 | 0.0378 | 0.0344 | 0.0385 | 0.0291 | 0.0332 |
| 9      | Fannia sp1              | 0.1654 | 0.1623 | 0.1485 | 0.1646 | 0.1387 | 0.1568 | 0.1534 | 0.1059 |        | 0.0404 | 0.0411 | 0.0431 | 0.0278 | 0.0374 |
| 10     | F. pusio JF872300       | 0.1419 | 0.1417 | 0.1392 | 0.1604 | 0.1424 | 0.1471 | 0.1346 | 0.1453 | 0.1580 |        | 0.0113 | 0.0116 | 0.0363 | 0.0430 |
| 11     | Fannia pusio            | 0.1511 | 0.1534 | 0.1570 | 0.1650 | 0.1526 | 0.1564 | 0.1436 | 0.1350 | 0.1620 | 0.0401 |        | 0.0129 | 0.0346 | 0.0434 |
| 12     | Fannia immutica         | 0.1599 | 0.1600 | 0.1539 | 0.1740 | 0.1471 | 0.1623 | 0.1477 | 0.1500 | 0.1687 | 0.0413 | 0.0458 |        | 0.0354 | 0.0441 |
| 13     | Fannia umbrosa KY511232 | 0.1159 | 0.1077 | 0.1145 | 0.1035 | 0.0941 | 0.0987 | 0.0971 | 0.1129 | 0.1092 | 0.1422 | 0.1343 | 0.1385 |        | 0.0252 |
| 14     | Fannia sp2              | 0.1388 | 0.1334 | 0.1333 | 0.1407 | 0.1379 | 0.1497 | 0.1239 | 0.1327 | 0.1503 | 0.1668 | 0.1694 | 0.1727 | 0.0968 |        |

NOTA: Las celdas en magenta contienen los valores de desviación estándar.

Es así que con base en la morfología, se concluye que la REPSA alberga siete especies de dípteros pertenecientes a la familia Fanniidae. En cambio, según los resultados de las distancias genéticas, se pueden encontrar ocho especies de Fanniidae en la REPSA, dado que el resultado de distancias genéticas entre los individuos que conforman a *Fannia* sp1 es mayor al 2%, ya que el valor de la distancia genética entre CPL2213 y CPL2300 es de 6.6%, valor que se repite entre CPL 2213 y CPL 2301 (Anexo 7). Sin embargo, bajo el criterio de congruencia del enfoque de taxonomía integradora, donde es indispensable que ambos métodos de delimitación utilizados arrojen el mismo resultado de divergencia para considerar que los individuos bajo estudio corresponden a especies diferentes, se resolvió que en el presente estudio los individuos CPL2213, CPL2300 y CPL2301 corresponden a la misma especie puesto que los métodos de delimitación utilizados difieren en el resultado de divergencia ya que morfológicamente son iguales y son considerados una misma OTU.

De la misma forma, a pesar de que en el árbol de NJ, se puede observar que *F. canicularis* está compuesta de dos clados, los resultados de las distancias genéticas por

individuo y lo observado en los especímenes permiten resolver que se trata de una misma especie, ya que dichas distancias comprenden valores entre 0.0 y 0.029, justo en los límites del criterio del 2% (ver la columna dos del Anexo 7). Este resultado se robustece con el valor de la distancia genética entre el grupo de secuencias CPL identificadas como *F. canicularis* y la secuencia de referencia *Fannia canicularis* KJ083278, ya que dicho valor se encuentra por debajo del criterio del 2% intraespecífico siendo de 0.0146 o 1.4%

Por otro lado, es importante resaltar que solamente dos de las secuencias de referencia obtenidas con BLAST contaban con nombre a nivel de especie, lo que permitió asignar el mismo nombre a las secuencias CPL que se agruparon con ellas como *F. canicularis* y *F. pusio* (Figura 12). En la Tabla 17 se muestra la identificación, tanto morfológica como molecular de cada individuo CPL. Cuando no existió congruencia con la información molecular, dado que las secuencias CPL no formaron un solo clado con la secuencia de referencia y las distancias genéticas superaban el criterio del 2%, en dicha tabla se colocó un guión. Así mismo, cuando la información morfológica no permitió llegar a nivel de especie, estos individuos fueron señalados con el nombre del género seguido de sp y un número consecutivo (por ejemplo: *Euryomma* sp1, *Euryomma* sp2, etc).

**Tabla 17. Identificación de cada individuo analizado en el presente estudio de acuerdo a un criterio de congruencia entre la información morfológica y distancias genéticas del COI.**

Los guiones indican que no se identificó la especie con ese tipo de información.

| Voucher CPL | ID. GÉNERO / ESPECIE  |                       | SECUENCIA DE REFERENCIA           | IDENTIFICACIÓN EN ESTE ESTUDIO |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|             | MORFOLOGÍA            | MOLECULAR             |                                   |                                |
| CPL2311     | <i>F. immutica</i>    | -                     | <i>Fannia pusio</i> JF872300      | <i>F. immutica</i>             |
| CPL2216     | <i>Euryomma</i> sp1   | -                     | <i>Fannia latipalpis</i> KY511180 | <i>Euryomma</i> sp1            |
| CPL2298     | <i>Euryomma</i> sp1   | -                     | <i>Fannia latipalpis</i> KY511180 | <i>Euryomma</i> sp1            |
| CPL2299     | <i>Euryomma</i> sp1   | -                     | <i>Fannia latipalpis</i> KY511180 | <i>Euryomma</i> sp1            |
| CPL2212     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2214     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2302     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2303     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2215     | <i>Euryomma</i> sp2   | -                     | <i>Fanniidae</i> sp. JF871069     | <i>Euryomma</i> sp2            |
| CPL2217     | <i>Euryomma</i> sp2   | -                     | <i>Fanniidae</i> sp. JF871069     | <i>Euryomma</i> sp2            |
| CPL2309     | <i>Euryomma</i> sp2   | -                     | <i>Fanniidae</i> sp. JF871069     | <i>Euryomma</i> sp2            |
| CPL2312     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2313     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2316     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2317     | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> | <i>F. canicularis</i> KJ0832778   | <i>F. canicularis</i>          |
| CPL2213     | <i>Fannia</i> sp1     | -                     | <i>Fannia</i> sp. KY924304        | <i>Fannia</i> sp1              |
| CPL2300     | <i>Fannia</i> sp1     | -                     | <i>Fannia</i> sp. KY924304        | <i>Fannia</i> sp1              |
| CPL2301     | <i>Fannia</i> sp1     | -                     | <i>Fannia</i> sp. KY924304        | <i>Fannia</i> sp1              |
| CPL2306     | <i>F. pusio</i>       | -                     | <i>Fannia pusio</i> JF872300      | <i>F. pusio</i>                |
| CPL2307     | <i>F. pusio</i>       | -                     | <i>Fannia pusio</i> JF872300      | <i>F. pusio</i>                |
| CPL2304     | <i>F. pusio</i>       | -                     | <i>Fannia pusio</i> JF872300      | <i>F. pusio</i>                |
| CPL2305     | <i>F. pusio</i>       | -                     | <i>Fannia pusio</i> JF872300      | <i>F. pusio</i>                |
| CPL2314     | <i>Fannia</i> sp2     | -                     | <i>F. umbrosa</i> KY511232        | <i>Fannia</i> sp2              |
| CPL2315     | <i>Fannia</i> sp2     | -                     | <i>F. umbrosa</i> KY511232        | <i>Fannia</i> sp2              |

En la Tabla anterior (Tabla 17) es posible observar que en varios casos existieron incongruencias entre la información morfológica y la información molecular. Sin embargo estos conflictos se resolvieron tras utilizar un enfoque de taxonomía integradora y

concatenar nuevamente la información morfológica proveniente de las descripciones taxonómicas de las especies identificadas con BLAST con los especímenes y la identificación morfológica realizada previamente, quedando de la siguiente manera:

- Para el caso de la secuencia CPL2311, se resolvió que se trata de una especie diferente a *F. pusio* (referencia JF872300) dado que tanto la información morfológica como la información molecular arrojan un resultado de divergencia. Puesto que las características morfológicas de esta hembra no coinciden con las descritas para *F. pusio* (ver Tabla 12) y la distancia genética entre la secuencia de referencia de *F. pusio* (JF872300) y la secuencia CPL2311 (*F. immutica*) es de 4.13%. Asimismo, la distancia entre CPL 2311 y el grupo de secuencias CPL identificado como *F. pusio* es de 4.5%. A este ejemplar se le ha nombrado como *F. immutica* dado que las características morfológicas descritas para esta especie (Tabla 13) coinciden con lo observado en el individuo de la REPSA (especialmente patas negras con tibias rojizas)
- Para el caso de las secuencias CPL 2298, CPL 2299 y CPL 2216 que fueron asignadas como *F. latipalpis* con la información molecular, se resolvió que en realidad conforman una especie diferente, pues los ejemplares no presentan los caracteres morfológicos descritos para dicha especie, tales como: presencia de subpubescencia que suele cambiar de color volviéndose amarillenta hacia la parte superior de la cabeza, vitta medial que alcanza la base del escutelo, articulaciones de color rojo y hembras con margen de calípteros triangulares (Tabla 15). Además, la distancia genética entre la secuencia de referencia (KY511180) y el grupo conformado por las secuencias CPL es de 7.6% (Tabla 16). Sin embargo, las claves morfológicas disponibles al momento de este estudio no permitieron establecer el nombre nominal de la especie. A pesar de que estos individuos presentan características similares a *Euryomma carioca*, los ejemplares analizados en este estudio difieren de la morfología de esta especie principalmente en la forma de las estructuras del surstilo y la placa central de este. Por lo tanto, fueron asignados con el nombre de *Euryomma* sp1.
- Para el caso de las secuencias CPL 2215, CPL 2217 y CPL 2309 se resolvió que a falta de nombre de especie para la secuencia de referencia, indicada únicamente como "Fanniidae sp" (Tabla 14) estos individuos corresponden al género *Euryomma*, ya que presentan la venación típica en las alas del género. Además, la distancia genética entre la secuencia de referencia y el grupo de secuencias CPL es de 3.32%, superando el criterio del 2%. Sin embargo, las claves morfológicas disponibles al momento del estudio no permitieron asignar un nombre específico de especie, por lo que fueron asignadas como *Euryomma* sp2.
- Dado que la secuencia de referencia (Fanniidae sp. KY924304) asignada al grupo *Fannia* sp1 (conformado por CPL2213, CPL2300 y CPL2301) se encuentra a una distancia genética de 10.59% se resuelve que se trata de una especie diferente.

Además, no fue posible conocer un nombre nominal ni con la información morfológica ni con la información molecular, por lo que en este estudio se ha nombrado a este grupo como *Fannia* sp1, ya que cuenta con características morfológicas observadas en este género, especialmente en la venación de las alas, puesto que la vena A2 forma un arco que envuelve a la vena A1 (Figura 2, inciso B).

- Para la incongruencia entre la información morfológica y la información molecular de las secuencias CPL 2314 y CPL 2315, se resolvió que corresponden con individuos pertenecientes al género *Fannia* dado que presentan la venación típica en las alas para este género. Sin embargo, no se pudo comprobar si pertenece a la especie *Fannia umbrosa* dado que, al momento del presente estudio, no existe descripción morfológica disponible para las hembras de esta especie y la distancia genética entre el grupo de las secuencias de este estudio con la secuencia de referencia (KY5511232) es de 9.68%, indicando que se trata de una especie diferente a esta. Dado que el material taxonómico no permitió conocer un nombre nominal para esta especie, es nombrada en este estudio como *Fannia* sp2.

En resumen, la información morfológica y la información molecular fueron consistentes en arrojar resultados de divergencia para 6 especies de Fanniidae de la REPSA, que incluyen a *F. canicularis*, *F. immutica*, *F. pusio*, *Fannia* sp2, *Euryomma* sp1 y *Euryomma* sp2. Así mismo, tras aplicar el criterio de congruencia de la taxonomía integradora se resolvió que *Fannia* sp1 conformada por CPL 2213, CPL2300 y CPL2301 corresponden a una misma especie dado que este criterio establece que es necesario que los métodos de delimitación de especies arrojen el mismo resultado de divergencia para que los individuos que conforman la OTU sean considerados como diferentes especies.

De esta manera se obtuvo que en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel se encuentran las siguientes especies de Fanniidae:

- |                             |                       |                          |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| • <i>Fannia canicularis</i> | • <i>Fannia pusio</i> | • <i>Fannia immutica</i> |
| • <i>Fannia</i> sp1         | • <i>Fannia</i> sp2   | • <i>Euryomma</i> sp1    |
| • <i>Euryomma</i> sp2       |                       |                          |

### 6.3. Láminas Fotográficas de las Especies de Fanniidae en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

Como bien se mencionó en el apartado de Métodos, cuando los individuos a los que se les realizó extracción de DNA se encontraban bastante maltratados, se optó por elegir un nuevo individuo del mismo morfotipo, que estuviera mejor conservado para realizar las tomas fotográficas. A dichos individuos también se les proporcionó un número de voucher CPL y se agregaron a la Bitácora de la CARE, no obstante, no se les realizó extracción de material genético. En la siguiente tabla se indica si el individuo con

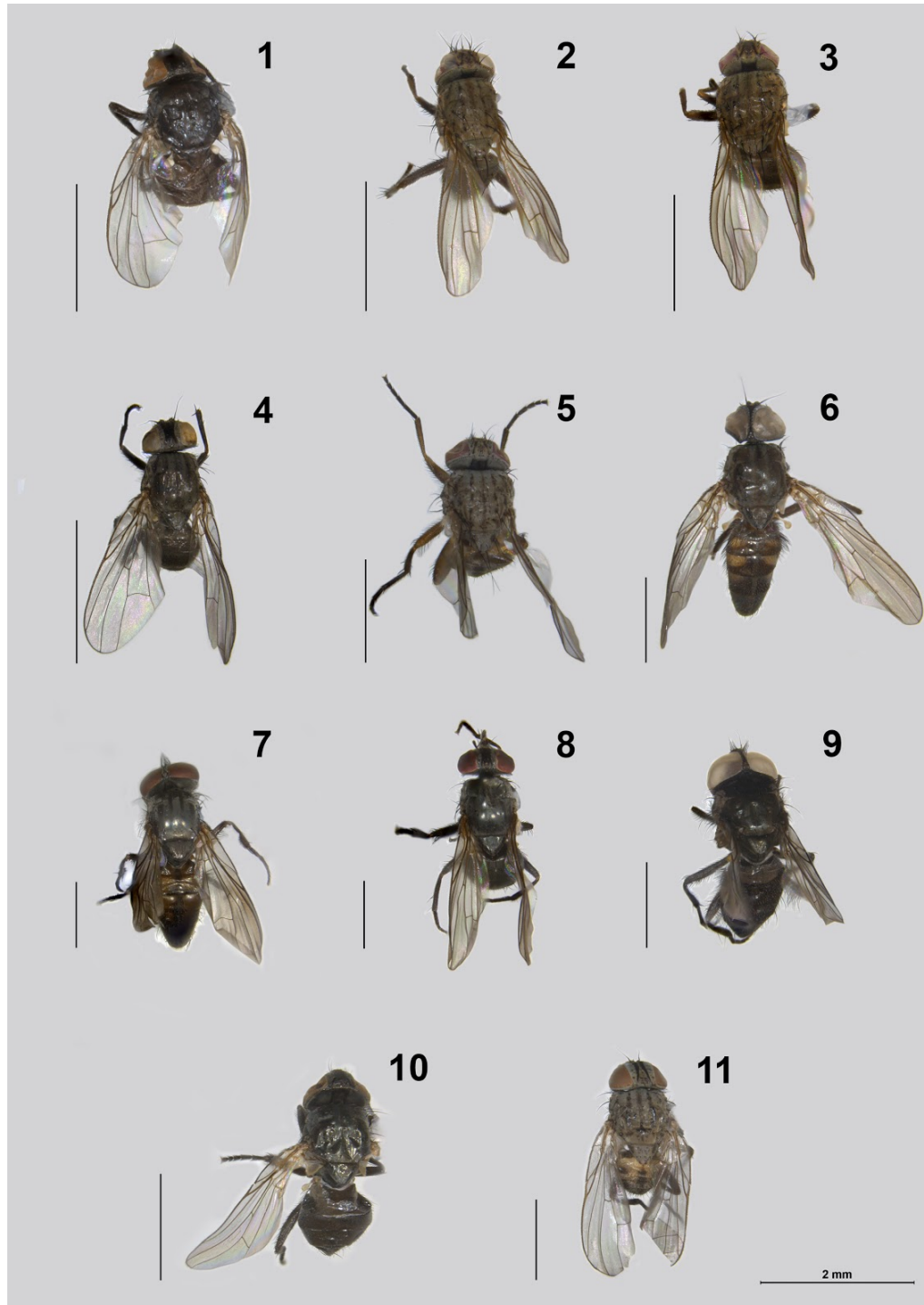
voucher CPL cuenta con extracción de DNA, secuenciación y toma fotográfica (Tabla 18).

Tabla 18. Estatus sobre extracción, secuenciación y fotografiado de cada espécimen.  
Se provee el voucher CPL para cada uno.

| VOUCHER<br>CPL | EXTRACCIÓN | SECUENCIA<br>CIÓN | FOTOS | VOUCHER<br>CPL | EXTRACCIÓN | SECUENCIA<br>CIÓN | FOTOS |
|----------------|------------|-------------------|-------|----------------|------------|-------------------|-------|
| 2212           | ✓          | ✓                 | X     | 2310           | ✓          | ✓                 | X     |
| 2214           | ✓          | ✓                 | X     | 2311           | ✓          | ✓                 | X     |
| 2215           | ✓          | ✓                 | X     | 2312           | ✓          | ✓                 | X     |
| 2216           | ✓          | ✓                 | X     | 2313           | ✓          | ✓                 | ✓     |
| 2217           | ✓          | ✓                 | X     | 2314           | ✓          | ✓                 | X     |
| 2298           | ✓          | ✓                 | X     | 2315           | ✓          | ✓                 | X     |
| 2299           | ✓          | ✓                 | X     | 2316           | ✓          | ✓                 | ✓     |
| 2300           | ✓          | ✓                 | X     | 2317           | ✓          | ✓                 | X     |
| 2301           | ✓          | ✓                 | X     | 2653           | X          | X                 | ✓     |
| 2302           | ✓          | ✓                 | X     | 2654           | X          | X                 | ✓     |
| 2303           | ✓          | ✓                 | ✓     | 2655           | X          | X                 | ✓     |
| 2304           | ✓          | ✓                 | X     | 2656           | X          | X                 | ✓     |
| 2305           | ✓          | ✓                 | ✓     | 2657           | X          | X                 | ✓     |
| 2306           | ✓          | ✓                 | X     | 2658           | X          | X                 | ✓     |
| 2307           | ✓          | ✓                 | X     | 2659           | X          | X                 | ✓     |
| 2308           | ✓          | X                 | X     | 2660           | X          | X                 | ✓     |
| 2309           | ✓          | ✓                 | X     | 2661           | X          | X                 | ✓     |

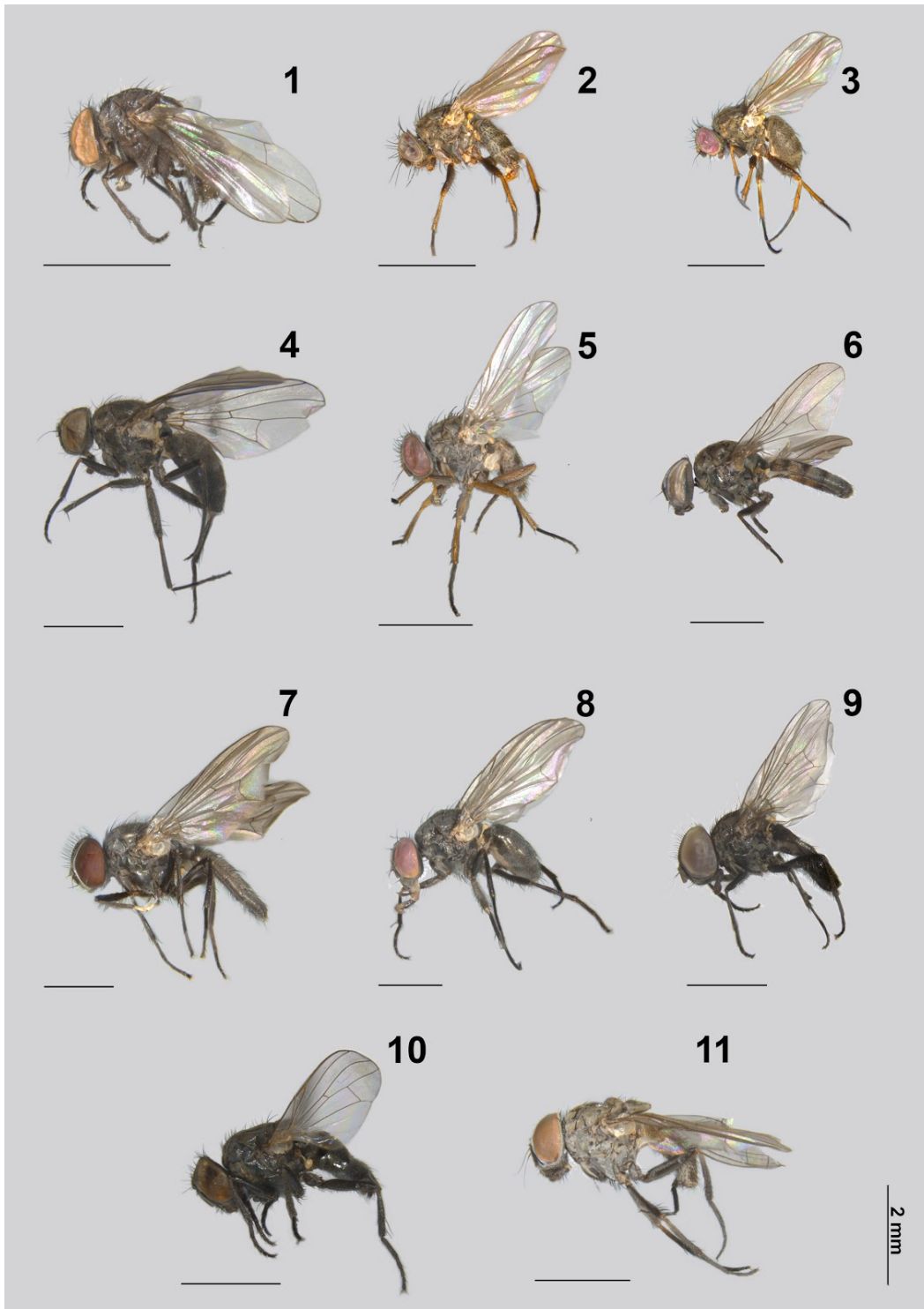
De cada individuo se obtuvo una fotografía de vista frontal, una fotografía de vista lateral y una fotografía de vista dorsal, a excepción del macho de *F. pusio*, el cual no fue posible fotografiar de manera frontal. Posteriormente, se conjuntaron todas las fotografías de los individuos para conformar tres láminas correspondientes con las vistas dorsales, laterales y frontal.

La siguiente lámina mostrada en la Figura 12, corresponde a la vista dorsal, en la cual pueden observarse características como las vittae que en ocasiones recorren el tórax de los individuos, el color general de estos, así como su tamaño, representado por una línea de color negro, en el lateral izquierdo de cada individuo, que corresponde a 2 mm.



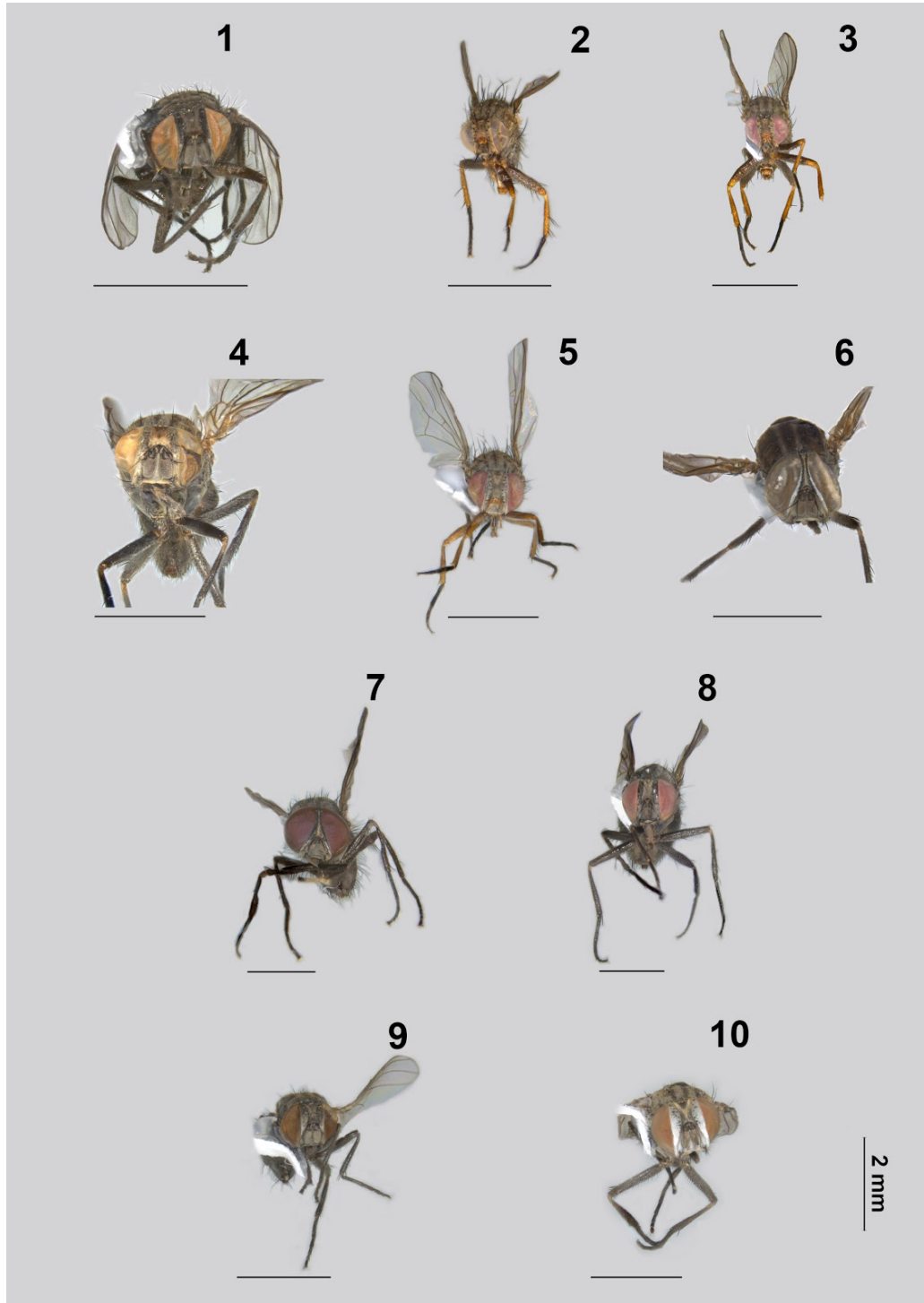
**Figura 12. Vistas dorsales de dípteros de la familia Fanniidae de la REPSA. 1:** *F. immutica* ♀. **2:** *Euryomma* sp1 ♂. **3:** *Euryomma* sp1 ♀. **4:** *F. canicularis* ♀. **5:** *Euryomma* sp2 ♀. **6:** *F. canicularis* ♂. **7:** *Fannia* sp1 ♂. **8:** *Fannia* sp1 ♀. **9:** *Fannia pusio* ♂. **10:** *Fannia pusio* ♀. **11:** *Fannia* sp2 ♀

La segunda lámina mostrada en la Figura 13 corresponde con las vistas laterales de los individuos, en las cuales pueden observarse características de las patas, alas, coloración en general, etc. Así mismo, puede observarse una escala en la parte inferior de cada individuo correspondiente a 2 mm.



**Figura 13. Vistas laterales de dípteros de la familia Fanniidae de la REPSA. 1:** *F. immutica* ♀. **2:** *Euryomma* sp1 ♂. **3:** *Euryomma* sp1 ♀. **4:** *F. canicularis* ♀. **5:** *Euryomma* sp2 ♀. **6:** *F. canicularis* ♂. **7:** *Fannia* sp1 ♂. **8:** *Fannia* sp1 ♀. **9:** *Fannia pusio* ♂. **10:** *Fannia pusio* ♀. **11:** *Fannia* sp2 ♀.

Finalmente, la última lámina que se muestra en la Figura 14 corresponde a la vista frontal de cada individuo, en la que pueden observarse características de los apéndices antenales, de los ojos, coloración en general, etc. Al igual que en las láminas anteriores, el tamaño de los individuos está representado en la parte inferior de cada uno por una línea que corresponde a 2 mm.



**Figura 14. Vistas frontales de dípteros de la familia Fanniidae de la REPSA. 1:** *F. immutica* ♀. **2:** *Euryomma* sp1 ♂. **3:** *Euryomma* sp1 ♀. **4:** *F. canicularis* ♀. **5:** *Euryomma* sp2 ♀. **6:** *F. canicularis* ♂. **7:** *Fannia* sp1 ♂. **8:** *Fannia* sp1 ♀. **9:** *Fannia pusio* ♀. **10:** *Fannia* sp2 ♀.

De esta manera, el presente estudio contribuyó con el adicionamiento de 34 individuos a la Colección de Artrópodos de Referencia Forense de la LCF, correspondientes a siete especies de dípteros de la familia Fanniidae, de las cuales se cuenta con 25 secuencias genéticas y tres láminas fotográficas.

#### 6.4. Comparación Bibliográfica final

Para realizar esta comparación bibliográfica final se tomaron en cuenta cuatro publicaciones que cumplieron los criterios mencionados en el apartado de métodos. Estas publicaciones fueron las de De Carvalho *et al* (2003) quienes reportan 14 especies de Fanniidae con presencia en México; la publicación de Molina-Chavez (2012) quien reporta dos especies de Fanniidae; la tesis de Téllez (2018) donde se reportan dos especies y la publicación de Morales-Moreno *et al* (2019) quienes reportaron dos especies (Tabla 19).

Tabla 19. Especies reportadas en México y en la Ciudad de México (CDMX) en otros estudios con respecto a las encontradas en este estudio para la REPSA.

| ESPECIES DE FANNIIDAE       | ESTUDIOS QUE LAS REPORTAN       |                                   |               |                                    |              |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------------------------|--------------|
|                             | De Carvalho <i>et al</i> (2003) | Molina-Chávez <i>et al</i> (2012) | Téllez (2018) | Morales-Moreno <i>et al</i> (2019) | Este estudio |
| <i>Fannia annosa</i>        | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia antennata</i>     | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia arcuata</i>       | ■                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia benjamini</i>     | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia binotata</i>      | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia canicularis</i>   | —                               | ■                                 | ■             |                                    | ■            |
| <i>Fannia clavata</i>       | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia femoralis</i>     | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia gilvitaris</i>    | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia incisurata</i>    | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia micheneri</i>     | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia morosa</i>        | ■                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia obscurinervis</i> | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia pusio</i>         | —                               |                                   |               |                                    | ■            |
| <i>Fannia scalaris</i>      |                                 | ■                                 |               |                                    |              |
| <i>Fannia tumidifemur</i>   | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Fannia unguata</i>       |                                 |                                   | ■             |                                    |              |
| <i>Fannia vittata</i>       | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Euryomma</i> sp          |                                 |                                   |               | —                                  |              |
| <i>Euryomma peregrinum</i>  | —                               |                                   |               |                                    |              |
| <i>Piezura</i> sp           |                                 |                                   |               | —                                  |              |

**SIMBOLOGÍA**

■ CDMX   ■ REPSA   ■ Este estudio   — MÉXICO

—Cada rectángulo punteado representa el lugar donde se ha reportado la especie.

—El rectángulo verde indica aquellas que se identificaron en este estudio.

—El guión negro indica especies que han sido reportadas para México por los estudios pero de las cuáles se desconoce la localidad exacta o esta localidad se encuentra fuera de la demarcación territorial de la CDMX.

—Los renglones en blanco indican que el estudio no reportó esa especie.

Tal como se observa en la Tabla 19, De Carvalho *et al* (2003) reportan la presencia de 17 especies de Fanniidae en todo el territorio mexicano, sin embargo, de estas solamente dos cuentan con registro en la CDMX, siendo estas *Fannia arcuata* (recolectada en Coapa, CDMX) y *Fannia morosa*.

Por otro lado, Molina-Chávez (2012) reporta la presencia de *F. scalaris* y *F. canicularis*, esta última también es reportada por Tellez (2018) junto con *F. unguolata*. Finalmente, Morales-Moreno (2019) reportó la presencia de los géneros *Euryomma* y *Piezura*, en las inmediaciones de la FES Iztacala.

En el presente estudio solamente fue posible detectar la presencia de *F. canicularis* y *F. pusio*, reportadas por De Carvalho *et al* (2003), Molina-Chávez *et al* (2012) y Téllez (2018). Además, cabe destacar que se encontraron dos especies del género *Fannia* y dos especies del género *Euryomma*, cuyos nombres aún está por asignarse.

## 7. DISCUSIÓN

---

A pesar de tener amplia distribución en el mundo, el estado de conocimiento de la familia Fanniidae se encuentra en proceso de construcción. Sin embargo, es importante destacar que la mayoría de estudios e investigadores sobre esta familia son originarios de países de Sudamérica como Colombia, Argentina y Brasil (De Carvalho *et al*, 2003; Domínguez, 2007; Domínguez y Pont, 2014; Grisales *et al*, 2016). En contraste, en México no existe especialista alguno que se dedique al estudio de esta familia de dípteros y las publicaciones que hacen mención de las especies que la componen es muy reducido, siendo los más relevantes los mencionados en la Tabla 18, especialmente el realizado por Téllez (2018), ya que se trata de la misma zona de estudio que la de esta tesis, por lo que ambos trabajos representan un avance en el estado de conocimiento de la familia Fanniidae, tanto a nivel regional como a nivel nacional.

### 7.1. Delimitación e Identificación de especies de Fanniidae de Importancia Forense en la REPSA, Bajo un enfoque de Taxonomía Integradora

Dentro del campo de aplicación de la taxonomía se describen dos tareas principales: la primera de ellas se encuentra enfocada en delimitar especies, es decir, determinar cuando dos o más individuos corresponden a una misma especie o a varias diferentes; la segunda tarea está enfocada en asignarles un nombre (Dayrat, 2005; Boero, 2010; Schlick-Steiner *et al*, 2010).

En este sentido, el presente estudio representa uno de los primeros esfuerzos para conformar el catálogo de especies de la familia Fanniidae en la CDMX. Utilizando un enfoque de taxonomía integradora, esta tesis aporta significativamente en la tarea de clasificar y nombrar especies de Fanniidae y generar material que permita su identificación ya que se incluyen características morfológicas que permiten distinguirlas y secuencias moleculares disponibles en la CARF que son útiles incluso para identificar estadios inmaduros. Sin embargo, es de relevancia señalar que este aporte es el inicio de un trabajo detallado que permita asignar nombres a las especies encontradas o bien, describir las que sean nuevas especies para la ciencia.

La delimitación de especies utilizando la taxonomía integradora puede realizarse bajo dos enfoques (Padial *et al*, 2010): el primero de ellos es llamado "Integración por

congruencia” en el que una especie es considerada diferente de otra cuando todos los métodos de delimitación utilizados en el estudio aportan el mismo resultado, separando ambas especies. Por otro lado, el enfoque de “Integración por acumulación” sugiere que el establecimiento de una especie surge cuando al menos uno de los métodos de delimitación da un resultado de divergencia (Padial *et al*, 2010). En este sentido, la delimitación de especies de la familia Fanniidae en la REPSA se realizó utilizando el enfoque de integración por congruencia, pues se validó la existencia de una especie en los casos en que ambos tipos de información eran coherentes.

Es así que en esta tesis, se logró identificar la presencia de siete especies de Fanniidae en la REPSA. De éstas se pudo identificar, tanto con información morfológica como con información molecular, la identidad de *F. canicularis*. Inicialmente los individuos que comprenden a esta especie fueron separados en dos morfotipos (C y E) pues sus características morfológicas eran diferentes entre sí. Sin embargo, tras obtener la información molecular se pudo observar que en realidad se trata de una misma especie, ya que forman un mismo clado en el árbol y la distancia entre el grupo de secuencias identificadas como *F. canicularis* en este estudio y la secuencia de referencia (*Fannia canicularis* KJ0883278) es de 0.0146. El hecho de que todos los individuos que conforman al morfotipo C sean hembras, mientras que todos los individuos que conforman al morfotipo E son machos, indica que la separación inicial en dos morfotipos de *F. canicularis* se debió a la presencia de dimorfismo sexuales.

Esto mismo se repitió con los morfotipos que conforman a *F. pusio*, donde G corresponde a los machos de la especie mientras que H conjunta a las hembras. Sin embargo, en el árbol de NJ (Figura 11) puede observarse que los cuatro individuos que conforman esta especie forman un solo clado, congruente con los valores de distancias genéticas entre estos individuos (Anexo 7). Cabe señalar que las hembras de esta especie representadas por CPL2304 y CPL2305 fueron identificadas con una clave morfológica proveniente de Europa, la cual era la única clave para hembras de la familia disponible al momento de este estudio y que la descripción de las hembras de *F. pusio* no corresponde con lo observado en el ejemplar, sin embargo es posible que estas diferencias se deban a variaciones regionales. Asimismo, también se logró identificar a *F. immutica* representada por el individuo CPL2311. Ambas especies son el primer registro para la CDMX.

Por otra parte, además de *F. canicularis*, *F. pusio* y *F. immutica*, en el presente estudio se delimitaron 4 especies de Fanniidae, de las cuales no se pudo conocer el nombre de especie, pero que para efectos de esta tesis fueron nombradas como: *Fannia* sp1, *Fannia* sp2, *Euryomma* sp1 y *Euryomma* sp2. Estas últimas dos conforman el primer registro del género para la CDMX, sumándose a los dos registros existentes para todo el país: el primero de estos es el de Arnaud (1959) quien registra la presencia de *Euryomma peregrinum* en la Isla Guadalupe en Baja California, mientras que el segundo registro está dado por Morales-Moreno *et al* (2019) para las inmediaciones de la FES Iztacala, Estado de México.

Para el caso de *Fannia* sp1, la imposibilidad de llegar a un nombre de especie se debe a que las claves taxonómicas utilizadas no contienen los caracteres observados en

los individuos y la secuencia de referencia cuenta con un nombre inespecífico (*Fannidae* sp). Esta situación también se observó con *Euryomma* sp2.

Es necesario destacar que *Fannia* sp1 se encuentra representada por los individuos CPL2300, CPL2301 y CPL2213, a pesar de que este último se encuentra ligeramente distanciado de los otros dos bajo un enfoque de integración por congruencia y atendiendo a que la distancia genética entre CPL2213 y los otros dos especímenes es de 6.6% (como se puede observar en el Anexo 7) considerando un valor de corte de 2%, este individuo no puede ser considerado como especie diferente a *Fannia* sp1 dado que morfológicamente concuerda con CPL2300 y CPL2301. Por lo tanto, en este estudio, estos tres individuos son considerados una sola OTU. Estudios posteriores son necesarios para resolver la incongruencia entre las evidencias morfológica y molecular encontradas aquí. Tales estudios pueden incluir una caracterización con mayor detalle de otros rasgos morfológicos que quizá permitan diferenciar ambos grupos. También es posible que se trate de dos especies morfológicamente crípticas, es decir, que no podrán diferenciarse con información morfológica. En tal caso, aportar información de otro tipo puede resolver la incongruencia (información ecológica, conductual, fenológica, etc.). Un estudio taxonómico será necesario también para asignar un nombre a esta especie en el que se contemple la posibilidad de que sea nueva para la ciencia.

En el caso de *Fannia* sp2, se pudo obtener un nombre de especie con la información molecular (*F. umbrosa*), sin embargo, no fue posible comparar la descripción taxonómica con el ejemplar, dado que dicha descripción solo se refiere a machos de la especie, y todos los ejemplares obtenidos de la REPSA son hembras. Aunado a lo anterior, ninguna de las claves morfológicas utilizadas en el estudio permitió asignar un nombre para este espécimen. Por lo tanto, no se pudo determinar fehacientemente que se tratara de la misma especie que se identificó con la información molecular.

Para el caso de *Euryomma* sp1, como se mencionó en el apartado de resultados, se resolvió que los individuos de esta especie no pertenecen a *F. latipalpis* ya que los caracteres morfológicos de ésta no corresponden con lo observado en los ejemplares de la REPSA, especialmente en el patrón de venación en las alas puesto que en los individuos identificados como *Euryomma* sp1 la vena A2 no envuelve a la vena A1 y su intersección está cercana al margen del ala. Lo anterior es concordante con los resultados de distancias genéticas entre grupos pues la distancia entre el grupo formado por la secuencia de *F. latipalpis* y el grupo formado por las secuencias identificadas como *Euryomma* sp1 es de 0.0762. Además, la distribución actual que se reporta para *F. latipalpis* se encuentra restringida a Europa (Tabla 12). Aunado a lo anterior, los caracteres observados en los individuos de la REPSA corresponden con los descritos para el género *Euryomma* y aunque dichos ejemplares son similares a *E. carioca*, el material taxonómico no permitió determinar de manera fehaciente el nombre de la especie, puesto que los diagramas del surstilo que se encuentran en las claves taxonómicas utilizadas (Grisales *et al*, 2016) difieren en lo observado en el surstilo de los ejemplares de este estudio.

Existen otras razones por las que estas cuatro especies no pudieron ser nombradas a nivel de especie entre ellas, que las claves morfológicas disponibles no

incluían a la mayoría de especies reportadas para México, ya que se trataban de claves elaboradas para otros países como Brasil, Colombia o Argentina (Tabla 8), sin embargo, estas claves conforman el material más actualizado sobre la familia en todo el continente Americano. Una segunda razón, puede darse al pensar que estas cuatro especies son nuevas para la ciencia, lo que podría relacionarse con el alto grado de endemismo observado en el Eje Volcánico Transmexicano (Morrone y Márquez, 2008; Morrone, 2015; Halfpeter, 2017).

Es de relevancia resaltar que, para esta tesis, el método molecular no fue eficaz en asignar nombres a 6 especies, esto puede deberse a que los bancos de secuencias genéticas utilizados no cuentan con secuencias de referencia para estas especies por ser nuevas o porque aún cuando están descritas, no cuentan con secuencias genéticas de estudios similares. En este sentido, es importante reconocer el valor que tiene el proporcionar un nombre de especie a las secuencias de los bancos genéticos, esto con el fin de evitar confusiones o facilitar futuros trabajos de investigación. Esta tesis es valiosa en proporcionar una biblioteca de referencia para las especies encontradas, ya que se relacionan características morfológicas y su código de barras genético. La asignación de nombre a las especies encontradas permitirá completar la biblioteca de referencia para futuras aplicaciones.

En el presente estudio, hubo tres secuencias obtenidas con BLAST, que no contaban con nombre de especie y en su lugar fueron establecidas como “Fanniidae sp” (JF871069), “*Fannia sp*” (MG086957) y “*Fannia sp*” (KY924304) (Tabla 14), lo cual dificulta que otros investigadores puedan establecer conclusiones utilizándolas como referencia, por ejemplo: saber si alguna de estas secuencias corresponde con alguna especie de las reportadas para México o en realidad se trata de una especie que no contaba con registro para la región. En el caso de este estudio, es posible saber la secuencia MG08695 agrupada en el árbol de Neighbor Joining (Figura 12) junto con *Fannia canicularis* (KJ083278) corresponde a esta especie, pues la distancia genética entre ambas es de 0.0175.

Es por esto que las bases deben ser actualizadas y alimentadas constantemente, contener secuencias genéticas de individuos que han sido previamente identificados por expertos en taxonomía y de las cuales no queda duda sobre su identidad (Wells y Stevens, 2009; Yusseff-Vanagas y Agnarsson, 2017; Mona *et al*, 2019).

A lo largo de la elaboración de esta tesis, fue posible observar la existencia del llamado impedimento taxonómico el cual hace referencia a dos aspectos principales (Triplehorn y Johnson, 2005; Singh y Bala, 2009; Ebach *et al*, 2011; Yuseff-Vanegas y Agnarsson, 2017): el primero de ellos corresponde a la pobreza de conocimiento disponible para la comunidad científica en el ámbito de la taxonomía, por ejemplo: descripciones de especies, claves morfológicas, catálogos de especies, colecciones fotográficas, colecciones de ejemplares curados, etc; el segundo se encuentra estrechamente ligado al primero, dado que actualmente existe una escasez de especialistas en grupos poco conocidos, como es el caso de la familia Fanniidae en México, que se encargan de generar dicho conocimiento que normalmente requiere de

mucho tiempo, pero que con trabajos como el de la presente tesis en los cuales se delimitan especies de manera robusta, se puede aminorar el tiempo empleado. Sin olvidar la importancia que tiene el generar este tipo de conocimiento para regiones geográficas específicas, por ejemplo, para el caso de la familia Fanniidae la mayoría de claves morfológicas incluyen especies endémicas de las regiones en las cuales se llevaron a cabo los estudios y que por tratarse de países diferentes a México (Brasil, Colombia, Argentina, Australia, etc) pueden no ser aplicables a las especies encontradas en el territorio nacional.

El generar conocimiento sobre la morfología de grupos de importancia forense, como en el caso de Fanniidae, permitiría optimizar el tiempo y los recursos de los órganos impartidores de justicia. Esto se debe a que los caracteres morfológicos permiten identificar con rapidez y eficacia una especie, cuando dicha identificación se realiza por personal que cuenta con los conocimientos suficientes y el material es adecuado para dicha tarea (Triplehorn y Johnson, 2005). En el mismo sentido, de nueva cuenta se destaca la relevancia que tienen las bases de secuencias genéticas que contienen gran variedad de secuencias las cuales deben de provenir de especímenes identificados adecuadamente. De esta manera, la integración de ambos tipos de información sería mucho menos dificultosa, permitiría obtener conclusiones acertadas y robustas economizando en el tiempo con el que cuentan los entomólogos forenses, quienes trabajan bajo plazos determinados por la Ley.

En la presente tesis, la integración de la información morfológica con la información molecular permitió clasificar adecuadamente a los morfotipos que habían sido separados inicialmente y permitió otorgar robustez a sus identificaciones. Por ejemplo, los morfotipos C y E que inicialmente habían sido considerados como especies diferentes por presentar caracteres morfológicos distintos, fueron clasificados como una misma especie a la luz de la información molecular, por lo que las diferencias entre ambos morfotipos en realidad corresponden con dimorfismos sexuales en la especie *F. canicularis*. Es así que, en el caso de la presente tesis se pudieron delimitar bajo un enfoque de taxonomía integradora las especies de Fanniidae con importancia forense que habitan en la REPSA y tras integrar la información morfológica con la información molecular, estas especies pueden ser identificadas utilizando caracteres diagnósticos específicos.

## **7.2. Riqueza de Dípteros de la Familia Fanniidae, con Importancia Forense, en la REPSA**

Como se mencionó en el punto anterior, en el presente estudio se logró identificar la presencia de siete especies de Fanniidae en la REPSA, siendo estas: *F. canicularis*, *F. pusio*, *F. immutica* y cuatro más que no pudieron ser nombradas pero que, para efectos del presente trabajo, han sido nombradas como: *Fannia* sp1, *Fannia* sp2, *Euryomma* sp1 y *Euryomma* sp2. Es importante resaltar que se trata de registros nuevos para el género *Euryomma* en la CDMX, y se suman a los dos registros anteriores del género para el país (Arnaud, 1060; Morales-Moreno *et al*, 2019). Sin embargo, *F. ungulata*, reportada previamente por Téllez (2018), no fue encontrada, ni *F. scalaris* reportada

previamente por Molina-Chávez *et al* (2012) (Tabla 18).

El hecho de que en el presente estudio no se pudiera identificar a *F. scalaris* puede deberse a distintas razones, tales como que: al tratarse de una especie sinantrópica, suele encontrarse en ambientes con alta actividad humana (Chillcott, 1961; De Carvalho *et al* 2003) la cual es escasa en los sitios de muestreo del presente estudio, ya que se trata de un área ecológica protegida. Otra razón se encuentra en el hecho de que en el estudio realizado por Molina-Chávez *et al* (2012), que se enfoca en la identificación de estadios inmaduros de dípteros, se utilizaron claves morfológicas que no incluyen a *F. scalaris*. Por lo tanto, es importante corroborar la identificación, ya que la familia Fanniidae es poco estudiada y no existe suficiente información morfológica de ninguno de sus estadios de desarrollo. En este sentido, la biblioteca de secuencias de referencia que se ha generado en la presente tesis, puede servir como herramienta para comparar las identificaciones realizadas en trabajos previos como el de Molina-Chávez *et al* (2012).

Si bien es cierto que quienes trabajan con entomofauna cadavérica a veces dan por hecho la presencia de ciertas especies, ya conocidas y mencionadas en la literatura (R. Flores, comunicación personal, 21 de octubre de 2020) como *F. scalaris*, es indispensable comparar el ejemplar identificado por Molina-Chávez *et al* (2012) con los de las especies delimitadas en el presente estudio, para poder determinar si estas corresponden con *F. scalaris* y en todo caso corregir las identificaciones pertinentes.

De la misma forma, la ausencia de *F. unguata* en el presente estudio, puede deberse a que en el trabajo de Téllez (2018) solamente se identificó un individuo de esta especie, utilizando información molecular que se obtuvo de una secuencia de referencia de la que se desconocen detalles como el tipo de estudio del que proviene. Además, no se llevó a cabo la integración de dicha información con algún otro método de delimitación de especies, por lo que puede darse el caso de que el individuo de la secuencia de referencia se encuentre mal identificado morfológicamente o que provenga de un estudio no especializado y por lo tanto, los caracteres diagnósticos de *F. unguata* no correspondan con lo observado en el espécimen de Téllez (2018). Sin embargo, no debe de restarse importancia a este registro pues, a pesar de que no se puede saber el nombre con certeza, el espécimen de Téllez (2018), corresponde con una especie distinta a las de la presente tesis.

Los dípteros de estas cuatro especies que no pudieron ser nombradas, es probable que correspondan con algunas de las especies reportadas en el catálogo elaborado por De Carvalho *et al* (2003) (Tabla 3), ya que dicha Zona puede albergar fauna tanto del Neártico como del Neotrópico (Morrone, 2005; CONABIO, 2008; Morrone, 2015; Morrone *et al*, 2017). De esta manera, especies como *F. annosa* o *F. micheneri*, reportadas en Antiguo Morelos, Tamaulipas (De Carvhalo *et al*, 2003), pueden encontrarse también en la REPSA, CDMX (Tabla 3 y Tabla 18).

Quizá en la CDMX también se encuentran especies que han sido observadas en localidades cercanas incluyendo *F. arcuata*, *F. binotata* y *F. gilvitaris* reportadas en varias localidades del Estado de México (De Carvalho *et al* ,2003) pues ambos están situados en la Faja Volcánica Transmexicana (Morrone, 2005; CONABIO, 2008;

Morrone, 2015; Morrone *et al*, 2017).

En este sentido, para discernir si los dípteros de estas cuatro especies corresponden con aquellas reportadas para México, lo más recomendable es comparar a los individuos de este estudio con los tipos de las especies reportadas en el país, visitando museos y colecciones alrededor del mundo tales como: el Museo Nacional de Historia Natural en EE.UU., el Museo de Historia Natural de la Universidad de Oxford, el Museo Británico de Historia Natural o la Colección Nacional Canadiense de Insectos, pues en estas instituciones se encuentran los especímenes tipos de las especies de Fanniidae reportadas para México (De Carvalho *et al*, 2003). O en todo caso, compararlos con los identificados en estudios regionales como el realizado por Molina-Chávez *et al* (2012) o por Morales-Moreno *et al* (2019).

Asimismo, es recomendable colaborar con expertos extranjeros que trabajan con la familia Fanniidae, y que pueden aportar herramientas o conocimientos que permitan definir y nombrar a estas especies o bien, ayudar a realizar descripciones taxonómicas para aquellas especies nuevas, aportando en el estado de conocimiento general de la familia.

Además, para contribuir en el estado de conocimiento de la familia Fanniidae y permitir que en futuros estudios se pueda decidir si las especies de la REPSA corresponden con las reportadas en otros estudios para la CDMX y México en general, es aconsejable extraer información molecular de los especímenes tipo de estas especies o de las localidades en que fueron reportadas.

De nueva cuenta, se destaca la relevancia de contar con colecciones nacionales o regionales, en este caso de insectos de relevancia forense, que contengan especímenes plenamente identificados. También es importante que dichas colecciones se encuentren a disponibilidad del público, con el fin de que puedan servir como referencia para toda aquella persona que las requiera, por ejemplo: personal de las Fiscalías de Justicia, de las Defensorías Públicas, comunidad académica, etc. En este contexto, el Laboratorio de Entomología Forense de la LCF, es pionero en el área ya que cuenta con una Colección de Artrópodos de Referencia Forense, que se encuentra en construcción y constante actualización, y de la cual ahora forman parte los especímenes recolectados en el presente estudio, así como sus secuencias de referencia.

### **7.3. Representación de la Riqueza para el Grupo en la REPSA**

A pesar de que a simple vista se podría decir que en el presente estudio no se pudieron identificar todas las especies reportadas para la Ciudad de México, el estado de muestreo y los resultados del análisis de rarefacción (Figura 10) sustentan que el método de muestreo utilizado en este estudio permitió obtener la riqueza total de especies de Fanniidae con relevancia forense que habitan en la REPSA.

Lo anterior se basa en la observación de que la representación de la riqueza de especies se encuentra relacionada con el tamaño de muestra y la cantidad de individuos que se recolectan (Cruise *et al*, 2018). Por ende, es aconsejable que cuando las trampas o técnicas de recolecta atraigan una cantidad pequeña de individuos, el esfuerzo de recolecta sea mayor (Cruise *et al*, 2018).

En el presente estudio, la cantidad de lotes que componen la muestra y que han sido revisados es de 100, cantidad que se considera lo suficientemente amplia para asegurar que se obtuvo una representación de la riqueza de especies de Fanniidae de importancia forense para la REPSA ya que, según lo que se puede observar en la Figura 11, tras la revisión de 22 trampas se obtuvo el 100% de las especies encontradas. Además, los muestreos se realizaron durante varios años, tratando de disminuir la afectación de la estacionalidad en la frecuencia de aparición de las especies de Fanniidae.

Otro factor que soporta la eficacia del método de recolecta es que se usó una notable variedad de tipos de trampas que han sido utilizadas en estudios similares y que incluyen: trampas aéreas, trampas pitfall y un biomodelo (Cruise *et al*, 2018). El tener diferentes tipos de trampas permite que la documentación de la sucesión faunística sea lo más completa posible pues, debido a que un cadáver es un hábitat cambiante (Sánchez-Rojas *et al*, 2011; Cruise *et al*, 2018), tal sucesión puede variar dependiendo de los hábitos de las especies que la componen. Además, el tipo de cebo (consistente en carne, vísceras y un biomodelo de *S. scrofa* frecuentemente usado en estudios de esta índole debido a que su proceso de descomposición cadavérica es muy similar al observado en humanos (Cruise *et al*, 2018), permite garantizar que las especies de Fanniidae obtenidas en este estudio se encuentran asociadas a cadáveres, y por lo tanto entran en la clasificación de especies necrófagas con importancia forense.

Asimismo, en este estudio se emplearon técnicas de recolecta, consistentes en la utilización de redes y un aspirador, herramientas que son frecuentemente utilizadas para documentar la riqueza de especies de dípteros necrófilos, así como en las actividades de campo que realizan los entomólogos forenses durante su labor (Byrd *et al*, 2009; Cruise *et al*, 2018).

#### **7.4. Importancia Forense de la familia Fanniidae**

Como se ha mencionado en la introducción, los dípteros de la familia Fanniidae son relevantes para la Entomología Forense, ya que son considerados dípteros necrófagos pues se alimentan de materia orgánica en descomposición, como los cadáveres, apareciendo durante el estadio hinchado y de descomposición (Payne 1965; Smith, 1986; Luna *et al*, 2019). Es así que, por sus hábitos alimenticios los Fanniidae son de gran relevancia en casos forenses que incluyen presencia de orina o heces fecales, por lo que suelen encontrarse relacionados con casos médico-legales que incluyen miasis, abandono de personas, negligencia, etc. Además, la presencia de Fanniidae en otro tipo de lugares de investigación, permite reforzar las conclusiones obtenidas a partir de otros dípteros como los califóridos, sarcófagidos y múscidos o bien, pueden representar una alternativa cuando existe ausencia de estos en un lugar de investigación (Payne, 1965; Smith 1986; Luna *et al*, 2019). Sin embargo, por sí mismo, los Fanniidae

Una de las especies de Fanniidae con gran importancia forense, y que ha sido posible identificar en la REPSA, es *F. canicularis*, la cual ha sido observada en cadáveres humanos después de tres a diez días de sobrevenir la muerte (Smith, 1986; Benecke y Lessig, 2001). Sin embargo, esta especie adquiere mayor importancia en

casos de abandono de personas o negligencia, ya que al ser una especie sinantrópica suele ser atraída por las heces y orina presentes en un lugar de investigación, y suele encontrarse con mayor frecuencia en este tipo de sucesos, en comparación con otras familias como Calliphoridae (Payne, 1965; Smith, 1986; Benecke y Lessig, 2001; De Carvalho *et al*, 2003; Bonacci *et al*, 2017).

Ejemplo de lo anterior, es el caso reportado por Benecke y Lessig (2001) donde la comparación del IPM de un niño, establecido por parte del entomólogo forense utilizando indicios consistentes con las larvas de *F. canicularis* y *Musca stabulans* recolectadas del área anogenital, y el IPM que calculó utilizando larvas de Calliphoridae recolectadas de la región facial y cuencas oculares, permitieron establecer que el niño había sido víctima de abandono anterior al momento de la muerte. Conclusión a la que se arribó ya que el IPM obtenido a partir de *F. canicularis* y *M. stabulans* era de 14 días (en un intervalo de siete a 21 días), mientras que el IPM establecido con larvas de Calliphoridae era de 6 a 8 días, coincidía con el establecido por el médico forense (seis ocho días) (Benecke y Lessig, 2001). En este caso cabe señalar la importancia de la familia ya que a partir de la información obtenida de esta especie se pudo establecer la negligencia. Además, la integración de la información dada por esta familia con la proporcionada por especies de otras familias puede aportar distintos aspectos a un caso médico-legal.

Asimismo, *F. pusio* cuenta con relevancia forense ya que, al igual que *F. canicularis*, suele estar asociada a materia orgánica en descomposición y por ende suele encontrarse en lugares de investigación (Payne, 1965; Smith, 1986; De Carvalho *et al*, 2003). En un estudio realizado por Rocha *et al* (2010) donde se proponían la distribución temporal de dípteros de importancia forense en Brasil, se observó que *F. pusio* fue especialmente abundante durante el invierno, en contraste con otros estudios realizados en la misma región donde se menciona que esta especie tiene preferencia por temporadas cálidas (Rocha *et al*, 2010). De lo anterior se desprende que *F. pusio* puede servir como indicador forense, tanto de la temporada en el año en que acontece un proceso de descomposición como de ciertas regiones geográficas e incluso de una misma región, ya que su abundancia depende de la temperatura.

A pesar que el muestreo del presente estudio se realizó colocando trampas durante diferentes meses, tratando de muestrear la riqueza de especies durante todo el año, futuros estudios pueden enfocarse en conocer la relación entre la presencia de las especies encontradas en la REPSA con otros factores como la estación del año en la que fueron más abundantes, el tipo de trampa utilizada, condiciones de temperatura y exposición a fuentes de luz, cantidad de vegetación, etc. Ejemplo de lo anterior se da en esta tesis, si se considera lo observado durante el cuarto periodo de muestreo, donde se colocaron dos trampas aéreas en la sede de la LCF, una de ellas (Trampa aérea 2) se colocó debajo de un árbol de pirul, mientras que la otra (Trampa aérea 1) se colgó de una rama seca que se encontraba aproximadamente a 18m de la primera (Anexo 1). Durante este período de muestreo, se puede observar (Anexo 1) que se recolectó mayor número de Fanniidae en la Trampa aérea 2, en comparación con los recolectados en la trampa aérea 1.

Finalmente, realizar este tipo de estudios así como los sugeridos en el párrafo anterior, permiten consolidar el estado de conocimiento de grupos poco conocidos como es el caso de Fanniidae en México, y que tienen relevancia forense, fortaleciendo así al desarrollo de la Ciencias Forenses en el país.

## 8. CONCLUSIONES

---

- El esfuerzo de muestreo del presente trabajo permitió obtener una representación de la riqueza de especies de Fanniidae en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, las cuales son de importancia forense por considerarse sinantrópicas y necrófilas, al estar asociadas a cadáveres y ambientes humanos.

Bajo un enfoque de taxonomía integradora, se puede decir que dicha riqueza está compuesta por siete especies, tres de las cuales fueron asignadas a los siguientes nombres: *Fannia immutica*, *Fannia canicularis* y *Fannia pusio*. Además, se pudieron delimitar dos especies más del género *Fannia* y dos del género *Euryomma*, aunque no fue posible asignarles una identificación nivel de especie.

- Las siete especies de Fanniidae de la REPSA pueden ser identificadas con los caracteres morfológicos y las secuencias moleculares aportadas en esta tesis, incluyendo aquellas cuyo nombre se desconoce pero que en este momento pueden ser distinguidas morfológicamente.
- Los especímenes identificados como *Fannia immutica* y *Fannia pusio* representan el primer registro de estas especies para la Ciudad de México.
- Los especímenes identificados como *Euryomma* sp1 y *Euryomma* sp2 representan el primer registro del género para la CDMX y el tercero para el país.
- Asimismo, se corrobora lo mencionado en estudios similares sobre la robustez de las identificaciones de especies cuando éstas se realizan bajo un enfoque de taxonomía integradora para la familia, como es el caso de *Fannia canicularis*. En este sentido, el presente estudio es el primero en realizarse bajo un enfoque de taxonomía integradora, utilizando dos métodos de delimitación de especies (información morfológica e información molecular).
- El presente estudio representa uno de los primeros esfuerzos por conocer la diversidad de dípteros necrófilos en la Ciudad de México, por lo cual aporta sustancialmente en el estado de conocimiento de dichos insectos, relevantes para investigaciones de tipo legal. Formando parte de la Colección de Artrópodos de Referencia Forense de la LCF, el material generado en el presente estudio servirá de referencia para la consulta de operadores de los sistemas de impartición de justicia, como entomólogos forenses de la región, y comunidad académico-científica.

En este sentido, este proyecto añadió 7 especies de la familia Fanniidae, las cuales no habían sido incluidas con anterioridad, en la Colección de Artrópodos de Referencia Forense. Las aportaciones consisten en 34 ejemplares, 25 secuencias genéticas y tres láminas fotográficas.

- El presente estudio servirá como base para futuras investigaciones y trabajos que profundicen en la taxonomía de las especies de esta familia así como para la

identificación para dípteros necrofagos de la región y de México en general.

## 9. REFERENCIAS

---

1. Adler, P. & Footitt, R. (2009). Introduction. En *Insect Biodiversity: Science and Society*. Reino Unido: Wiley-Blackwell. 1-6.
2. Arnaud, P. H. (1958). Records of Diptera from Guadalupe Island, Mexico. *Entomological News*. 70. 182-185. Disponible en: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/20697>
3. Avalos, D., Hernández, V. y Trujano, M. (2016). Moscas y mosquitos (Diptera). En CONABIO y SEDEMA. (eds). *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. México: CONABIO/SEDEMA. 363-369.
4. Barták, M., Preisler, J., Kubík, S., Sulakoca, H. y Sloup, V. (2016). Fanniidae (Diptera): new synonym, new records and an updated key to males of European species of *Fannia*. *ZooKeys*. 593. 91-115. DOI: 10.3897/zookeys.593.7735.
5. Battan-Horestein, M. B., Xavier Linhares, A., Rosso de Farradas, B. y García, D. (2010). Decomposition and dipteran succession in pig carrion in central Argentina: ecological aspects and their importance in forensic science. *Medical and Veterinary Entomology*. 24(1). 16-25.
6. Benecke, M. y Lessig, R. (2001). Child neglect and forensic entomology. *Forensic Science International*. 120. 155-159. DOI: [10.1016/S0379-0738\(01\)00424-8](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00424-8)
7. Bickford, D., Lohmon, D. J., Sodhi, N. S., Ng, P. K.L., Meier, R., Winker, K., Ingram, K. K. y Das, I. (2007). Cryptic species as a window on diversity and conservation *Trends in ecology and Evolution*. 22(3). 148-155. DOI: 10.1016/j.tree.2006.11.004
8. Bioline (s. f). Y Taq DNA Polymerase (ficha técnica). consultado el 15/08/2020 Disponible en: [https://www.bioline.com/mwdownloads/download/link/id/2784/pi-50149\\_mytaq\\_dna-polymerase.pdf](https://www.bioline.com/mwdownloads/download/link/id/2784/pi-50149_mytaq_dna-polymerase.pdf)
9. Boero, F. (2010). The study of species in the Era of Biodiversity: A Tale of Stupidity. *Diversity*. 2. 115-126. DOI: 10.3390/d2010115
10. BOLDSystems, s/f. *Fannia immutica* (species) in Bold Systems Taxonomy Browser. Disponible en: [http://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser\\_Taxonpage?taxid=397199](http://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=397199)
11. Bonacci, T., Vercillo, V. y Benecke, M. (2017). Flies and ants: A Forensic Entomological Neglect Case of an Elderly Man in Calabria, Southern Italy. *Romanian Society of Legal Medicine*. 25. 283-286. DOI: 10.4323/rjlm.2017.283
12. Borror, D. & White, R. (1970). Arthropods: Phylum Arthropoda (Insects and their relatives). En *A Field Guide to the Insects of America north of Mexico*. (1970). EE.UU: Houghton Mifflin company. 48-55.
13. Borror, D. & White, R. (1970). Diptera. En *A Field Guide to the Insects of America north of Mexico*. (1970). EE.UU: Houghton Mifflin company. 50-59.
14. Borror, D. & White, R. (1970). Insects: Class Insecta. En *A Field Guide to the Insects of America north of Mexico*. (1970). EE.UU: Houghton Mifflin company. 50-59.
15. Borror, D. & White, R. (1970). The Structure of insects. En *A Field Guide to the Insects of America north of Mexico*. (1970). EE.UU: Houghton Mifflin company. 29-37.
16. Borror, D. & White, R. (1970). The Growth and Development of Insects. En *A Field Guide to the Insects of America north of Mexico*. (1970). EE.UU: Houghton Mifflin company. 38-42.
17. Brown, B. V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. y Zumbado, M. A. (2009). KEY TO DIPTERA FAMILIES: ADULTS. En *Manual of Central American Diptera*. Vol. 1. Canadá: CRC Press. 95-157.
18. Byrd, J. & Castner, J. L. (2009). (eds). *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. (2a). EE.UU: CRC Press.

19. Byrd, J.H., Lord, W. D., Wallace, J. R. y Tomberlin, J. K. (2009). Collection of entomological evidence during legal investigations. En Byrd, J. H y Castner, J. L. (eds). *Forensic entomology: The Utility of Arthropods in legal investigations*. (2a). EE.UU: CRC PRes. 127–176.
20. Calabuig, J. A. Villanueva, E. y Gisbert, M. (2009). Capítulo 17: Fenómenos Cadavericos. En Calabuig, G. (2009). *Medicina legal y toxicología*. (6a). España: Masson. 191-208.
21. Capinera, L. (2008). *Encyclopedia of Entomology*. (2a). Alemania: Springer.
22. Capinera, L. (2010). Chapter 1: Insects and their relatives. En *Insects and wildlife: arthropods and their relationships with wild vertebrate animals*. Reino Unido: Wiley-BlackWell. 3-33.
23. Castner, J. L. (2009). Chapter 1: General Entomology and Insect Biology. En Byrd, J. & Castner, J. L. (2009). (eds). *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. (2a). EE.UU: CRC Press. 17-38.
24. Centeno, N., Maldonado, M. y Oliva, A. (2002). Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *forensic Science International*. 126(1). 63-70. DOI: 10.1016/s0379-0738(02)00037-3
25. Chazdon, R. L., Colwell, R. K., Denslow, J. S. y Guariguata, M. R. (1998). Chapter 16; Statistical Methods for Estimating Species Richness of Woody Regeneration in Primary and Secondary Rainforest of Northeastern Costa Rica. En Dallmeier, F. y Comiskey, J. A. (eds.) *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling Conceptual Background and World World Case Studies*. Vol 20. Reino Unido: UNESCO & The Parthenon Publishing Group. 285-309
26. Chillcott, J. G. (1961). A Revision of the Nearctic Species of Fanniinae (Diptera: Muscidae). *The Canadian Entomologist*. 92(14). 5-295.
27. Colwell, R. K. (2009). Chapter III.1: Biodiversity: concepts, patterns, and measurement. En Levin, S. A., Carpenter, S. R., Godfray, H. C., Kinzig, A., Loreau, M., Lusos, J. B., Walker, B. y Wilcove, D. S. (eds.) *The Princeton Guide to Ecology*. EE.UU: The Princeton University Press. 257-263 DOI: 10.1515/9781400833023
28. Colwell, R. K. (2013). EstimateS Version 9.1.0. User's Guide. Consultado el 23 de junio de 2020. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstSUUsersGuide/EstimateSUUsersGuide.htm>
29. CONABIO. (2008). *Capital Natural de México*. Vol 1. México: CONABIO.
30. Courtney, G. W., Pape, T., Skevington, J. H. & Sinclair, B. J. (2009). Biodiversity of Diptera. En Footitt, R. & Adler, P. H. (eds). (2009). *Insect Biodiversity: Science and Society*. Reino Unido: Wiley-Blackwell.
31. Cruise, A., Hatano, E., Watson, D. W. y Schal, C. (2018). Comparison of Techniques for Sampling Adult Necrophilous Insects From Pig Carcasses. *Journal of Medical Entomology*. 20(10). 1-8 DOI: 10.1093/jme/tjx255
32. Darriba, D., Taboada, G. L., Doallo, R. y Posada, D. (2012). JModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*. 9(8). 772. Disponibel en: <https://www.nature.com/articles/nmeth.2109.pdf>
33. Dayrat, B. (2005). Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean society*. 85. 407-415. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2005.00503.x
34. De Carvalho, C J. B., Moura, M. O. y Bretanha, P. (2002). Chave para adultos de dípteros (Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae) asociados ao ambiente humano no Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 46(2). 107-114. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262002000200001>
35. De Carvalho, C. J. B., Pont, A. C., Couri, M. S. y Pamplona, D. (2003). A catalogue of *Fanniidae* (Diptera) of the Neotropical Region. *Zootaxa*. 219(1). 1-32.
36. De Carvalho, C. J. B. y Mello-Patiu, C. (2008). Key to adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Revista Brasileira de Entomologia*. 52(3). 390-406. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262008000300012>
37. Demeke, T. y Jenkins, G. R. (2010). Influence of DNA extraction methods, PCR inhibitors and Quantification Methods on real-time PCR assay of biotechnology-derived traits. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 396. 1977-1990. DOI: [10.1007/s00216-009-3150-9](https://doi.org/10.1007/s00216-009-3150-9)
38. Dewaard, J. R., Dewaard, S. L., Brown, H., Dobbie, I., Ivanova, N., Naik, S., Labbe, R., Levesque-Beaudin, V., Pawlowski, A., Ratnasingham, S. R., Sobel, C., Sones, J., Young, M. R., Zakharov, E. V. y Hebert, P.D.N. (2014). *Fannia canicularis* voucher BIOUG02959-509 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitochondrial. GenBank: KJ083278.

- Rapid Barcode-assisted Terrestrial Biomonitoring Point Pelee National Park*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/KJ083278>
39. Dewaard, J. R. (2017). *Fannia* sp. BIOUG01544-G01 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitochondrial. GenBank: MG096957. *Aportación Directa*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/mg086957>
  40. Diamond, J. (1988). Factors Controlling Species Diversity: Overview and Synthesis. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 75(1). 117-129. DOI: 10.2307/2399469.
  41. DiMaio, V. J. y DiMaio, D. (2001). Chapter 1: Medicolegal Investigative Systems. En *Forensic Pathology*. (2001). EE.UU: CRC Press.
  42. Domínguez, M. C. (2007). A taxonomic revision of the Southern South American species of the genus *Fannia* Robineu-Desvoidy (Diptera: Fanniidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*. 47(24). Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0031-10492007002400001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0031-10492007002400001&script=sci_arttext)
  43. Domínguez, M. C. (2008). *Fanniidae*. En Claps, L. E., Debandi, G. y Roig-Juñent, S. (2008). *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*. Argentina: Sociedad Entomológica Argentina. 314-128. ISBN 978-987-21319-2-0
  44. Domínguez, M. C. y Roig-Juñent, S. (2008). A phylogeny of the family *Fanniidae* Schnabl (Insecta: Diptera: Calypttratae) with special reference to the austral species of the genus *Fannia*. *Invertebrate Systematics*. 22. 563-587. DOI: 10.1071/IS8003.
  45. Domínguez, M.C. y Roig-Juñent, S. (2011). historical biogeographic analysis of the family *Fanniidae* (Diptera: Calypttratae), with special reference to the austral species of the genus *Fannia* (Diptera: Fanniidae) using dispersal-vicariance analysis. *Revista Chilena de Historia Natural*. 89. 65-82.
  46. Domínguez, M. C. y Pont, A. (2014). *Fanniidae* (Insecta: Diptera). *Fauna of -New Zealand*. 71. 91p.
  47. Domínguez, M.C. y Roig-Juñent, S.A. (2017). Phylogeny and taxonomic revision of the genus *Euryomma* Stein (Diptera: Calypttratae: *Fanniidae*). *Arthropod Systematics & Phylogeny*. 75(2). 303-326. Disponible en: [www.senckenberg.de/arthropod-systematics](http://www.senckenberg.de/arthropod-systematics) en 30.viii.2017.
  48. Dubois, A. (2017). Diagnoses in zoological taxonomy and nomenclature. *Bionomina*. 12. 63-85. DOI: 10.11646/bionomina.12.1.8
  49. Early, M. y Goff, M. L. (1986). Arthropod Succession Patterns in Exposed Carrion on the Island of O'ahu Hawaiian Islands, USA. *Journal of Medical Entomology*. 5(23). 520-531. DOI: 10.1093/jmedent/23.5.520.
  50. Escalante-Espinoza, T. (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*. 52. 53-56. ISSN: 0187-9073
  51. GBIF Secretariat. (2019). *Fannia immutica* Collin, 1939 in GBIF Secretariat (2019). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. disponible en: <https://doi.org/10.15468/39omei>
  52. Gemmellaro, M. D., Hamilton, G. C. y Ware, J. L. (2019). Review of Molecular Identification Techniques for Forensically Important Diptera. *Journal of Medical entomology*. 20(10). 1-16. DOI: 10.1093/jme/tjz040.
  53. Goff, M. L. (2000a). Chapter 4. En *A Fly for the Prosecution: How Insect Evidence Helps Solve Crimes*. Inglaterra: Harvard University Press. 51-71
  54. Goff, M. L. (2000b). Chapter 5. En *A Fly for the Prosecution: How Insect Evidence Helps Solve Crimes*. Inglaterra: Harvard University Press. 51-71
  55. González-Oreja, J. A., de la Fuente, A. A., Hernández-Santín, K., Buzo-Franco, D. y Bonade-Regidor, C. (2010). Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies: Un ejemplo con aves en áreas verdes de la Ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*. 83(1). 31-45. ISSN 1578-665X.
  56. Grisales, D., Wolff, M. y De Carvalho, C. J. B. (2012). Neotropical *Fanniidae* (Insecta, Diptera): new species of *Fannia* from Colombia. *Zootaxa* 3591. 1-46. DOI: 10.5281/zenodo.213946
  57. Grisales, D., Lecheta, M.D., Aballay, F. H. y De Carvalho, C. J. B. (2016). A Key and Checklist to the Neotropical forensically important "Little House Flies" (Diptera: *Fanniidae*). *Zoologia. An International Journal for Zoology*. 33(6). 1-16. DOI: 10.1590/S1984-4689zool-20160054.
  58. Grisales, D. y De Carvalho, C. J. B. (2019). Highland biodiversity of *Fanniidae* (Insecta: Diptera): fourteen new species from the Andes and Central America. *Zootaxa*. 4551 (3). 330-360. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4551.3.4>

59. Grzywacz, A., Wyborska, D. y Piwczynski, M. (2017). DNA Barcoding allows identification of European Fanniidae (Diptera) of forensic importance. *Forensic Science International*. 278. 106-114. DOI: 10.1016/j.forsciint.2017.06.023.
60. Grzywacz, A. (2019). Thermal requirements for the development of immature stages of *Fannia canicularis* (Linnaeus) (Diptera: Fanniidae). *Forensic Science International*. 279(1). 16-29. DOI: 10.1016/j.forsciint.2019.01.036.
61. Gullan, P.J. y Craston, P. (2010). Chapter 9: Ground Dwelling Insects. En *The Insects: an outline of entomology*. (4a). Reino Unido: Wiley-Blackwell Press. 241-255.
62. Halffter, G., Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J. J. (2008). Capítulo 2: La perspectiva biogeográfica histórica. En CONABIO. (2008). *Capital Natural de México*. Vol 1. México: CONABIO. 67-86.
63. Halffter, G. (2017). La zona de transición mexicana y la megadiversidad de México: del marco histórico a la riqueza actual. *Dugesiana*. 24(2). 77-89 ISSN 1405-4094.
64. Hebert, P.D.N., Guwnska, A., Ball, S. L. y deWaard, J. R. (2003). Biological identification through DNA barcodes. *Proceedings of Royal Society. Biological Sciences*. 270. 313-321. DOI: 10.1098/rspb.2002.2218
65. Hegna, T. A., Legg, D.A., Moller, O. S., Van Roy, P. y Lerosey-Aubril, R. (2013). The correct authorship of the taxon name 'Arthropoda'. *Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung*. 71(2). 71-74. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Thomas\\_Hegna2/publication/258439568\\_The\\_correct\\_authorship\\_of\\_the\\_taxon\\_name\\_%27Arthropoda%27/links/00b7d5283bceab04b8000000/The-correct-authorship-of-the-taxon-name-Arthropoda.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Thomas_Hegna2/publication/258439568_The_correct_authorship_of_the_taxon_name_%27Arthropoda%27/links/00b7d5283bceab04b8000000/The-correct-authorship-of-the-taxon-name-Arthropoda.pdf)
66. Ibáñez-Bernal, S. (2017). Actualización del Catálogo de Autoridades Taxonómicas de los Dípteros (Diptera: Insecta) de México. *Instituto de Ecología AC. Red Ambiente y Sustentabilidad*. Informe final-SNIB-CONABIO proyecto JE006. Ciudad de México. 2-8, 38. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJE006.pdf>
67. iBOL. (2011). Fanniidae sp. BOLD:AAG4623 voucher BIOUG<CAN>:10BBDIP-1184 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds; mitochondrial. GenBank: JF871069. *Aportación Directa*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/jf871069>
68. iBOL. (2011). Fannia pusio BIOUG<CAN>:10BBDIP-0812 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds; mitochondrial. GenBank: JF872300. *Aportación Directa*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/jf872300>
69. International Commission on Zoological Nomenclature. (1999). Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. (4a). España; ICZN. Disponible en: <http://www.sam.mncn.csic.es/codigo.pdf>
70. Khaliq, A., Javed, M., Sohail, M. y Sagheer, M. (2014). Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2(2). 1-7.
71. Lefebvre, F. y Gaudry, E. (2009). Forensic Entomology: a new hypothesis for the chronological succession pattern of necrophagous insects on human corpses. *Annales de la Société Entomologique de France*. 45(3). 377-392. DOI: 10.1080/0037927.2009.10697622.
72. López-Gómez, A. M. y Williams-Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*. 78. 7-15. DOI: 10.17129/botsci.1717
73. Lukhtanov, V. A. (2019). Species Delimitation and Analysis of Cryptic Species Diversity in the XXI Century. *entomological Review*. 99(4) 463-572. DOI: 10.1134/S0013873819040055
74. Luna, A., García, M.D. y Arnaldos M. I. (2019). Capítulo 22: Entomología Forense. En Calabuig, G. (2019). *Medicina legal y toxicología*. (7a). España: Elsevier.
75. Martínez, M. (2008). Capítulo 13: Grupos funcionales. En CONABIO (2008). *Capital Natural de México*. Vol 1. México: CONABIO. 365-412. Disponible en: [https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/13\\_Gruposfun.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/13_Gruposfun.pdf)
76. Mayr, E. (2000). The Biological Species Concept. En Wheeler, Q. y Meier, R. (eds). (2000). *Species Concepts and Phylogenetic Theory: A Debate*. EE-UU: Columbia University Press. 17-29.
77. Mañas-Jordá, S., León-Cortés, J.L., García-García, M. D., Caballero, V. e Infante, F. (2018). Dipteran Diversity and Ecological Succession on Dead Pigs in Contrasting Mountain Habitats of Chiapas, Mexico. *Journal of Medical Entomology*. 55(1). 59-68. DOI: [10.1093/jme/tjx190](https://doi.org/10.1093/jme/tjx190)
78. McAlpine, J. F. (1984). Phylogeny and Classification of the Muscomorpha. En *Manual of Nearctic Diptera*. Vol 3. Canada: Research Branch Agriculture. 1492, 1496-1498, 1504.
79. Mccool, K. (2012). Chapter 1: Arthropod. En *Arthropods: Invertebrate Animals*. EE.UU: World Technologies. 4-21

80. McCool, K. (2012). Chapter 2: Insect. EE.UU: World Technologies. 22-50
81. Megnin, P. (1894). La Faune Des Cadavres: Application de L'Entomologie a la Médecine Légale. *Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire*. Disponible en: <https://collections.nlm.nih.gov/bookviewer?PID=nlm:nlmuid-28421710R-bk#page/1/mode/2up>
82. Mira, C.T., Madeira-Ott, T., Purgato, N.C.S. and Thyssen, P.J. (2017). *Fannia* sp. n. 1 TMO-2017 voucher ZUEC:DIP 3236 cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial. GenBank: KY924304.1. A new species of *Fannia* (Diptera: Fanniidae) from Brazil and a preliminary molecular characterization of fanniid flies of forensic and medical importance. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/ky924304>
83. Molina-Chávez, H., Nava-Hernández, M., Luy-Quijada, J., Miranda-Gallardo, B., Gutierrez-Rodriguez, S. y Galindo-Miranda, N. (2012). Distribución de Dípteros asociados con las Fases de Degradación Cadavérica de Humanos en el Distrito Federal, México. *Entomología mexicana*. 12. 1749-1755. Disponible en: <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2012/SSEF/1749-1755.pdf>
84. Mona, S., Jawad, M., Noreen, S., Ali, S. y Rakha, A. (2019). Forensic Entomology: A comprehensive Review. *Advancements in Life Sciences International Quarterly Journal of Life Sciences*. 6(2). 48-59. ISSN: 2310-5380
85. Morales-Moreno, A., Rivera-González, A. P. y Trejo-González, J. A. (2019). Estudio Faunístico de *Calliphoridae*, *Muscidae* y *Sarcophagidae* (Diptera: Brachycera) de la F. E. S. Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. *Entomología mexicana*. 6(1). 91-97. Disponible en: <https://www.socmexent.org/entomologia/revista/2019/BHN/BHN%20091-097.pdf>
86. Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. EN M&T Manuales y Tesis SEA. Vol 1. España: GORFI. 26-32.
87. Morrone, J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76(2). Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532005000200006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532005000200006)
88. Morrone, J. J. y Márquez, J. (2008). Biodiversity of the Mexican Terrestrial Arthropods (Arachnida and Hexapoda): A Biogeographical Puzzle. *Acta Zoológica Mexicana*. 24(1) 15-41.
89. Morrone, J. J. (2015). Halffter's Mexican Transition Zone (1962-2014) cenocions and evolutionary biogeography *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 1-9. DOI: 10.1111/jzs/12098
90. Morrone, J. J., Escalante, T. y Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa*. 427(2)- 277-279. DOI: 10.11646/zootaxa.4277.2.8,
91. Novotny, V., Drozd, P., Miller, S. E., Kulfan, M., Janda, M., Basset, Y. y Weiblen, G. D. (2006). Why are there so many species of herbivorous insects in tropical rainforests?. *Science*. 313(5790). 1115-8. DOI: 10.1126/science.1129237.
92. Padial, J. M., Millares, A., De la Riva, I. y Vences, M.(2010). The Integrative Future of Taxonomy. *Frontiers in Zoology*, 7 (16). 1-14. Disponible en: [www.frontiersinzoology.com/content/7/1/16](http://www.frontiersinzoology.com/content/7/1/16)
93. Pante, E., Schoelink, C. y Puillandre, M. (2014). From Integrative Taxonomy to Species Description: One Step Beyond. *Systematic Biology*. 64(1). DOI: 10.1093/sysbio/syu083
94. Pape, T., Blagoderov, V., y Mostovski, MB (2011). Order Diptera Linnaeus, 1758. En Zhang, Z. Q. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic classification. *Zootaxa*. 3148. 222-229. ISSN: 1175-5354. Disponible en: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3148.1.42/41700>
95. Patitó, J. A. (2000). Capítulo 1: Tanatología. Libro IX La muerte y la Medicina Legal. En Medicina Legal. Argentina: Ediciones Centro Norte. 157-173.
96. Payne, J. A. (1965). A summer Carrion Study of the Baby Pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology*. 46(5). 592-602. DOI: 10.2307/1934999
97. Pedraza-Lara, C. y Vergara Pineda, S. (2017). El Estado del arte de la Entomología Forense en México. En García-Castillo, Z. y Bravo-Gómez, M. E. (2017). El Estado del Arte de las Ciencias Forenses en México. México: Tirant Lo Blanch. 235-256. ISBN: 13:9788491437314
98. Pires, AC. y Marinoni, L. (2010). DNA barcoding and traditional taxonomy unified through Integrative Taxonomy: a view that challenges the debate questioning both methodologies. *Biota Neotropica*. 10(2). 339-346. DOI: 10.1590/S1676-06032010000200035.
99. Pont, A. C. (2013). The *Fanniidae* and *Muscidae* (Diptera) described by Paul Stein (1852 - 1921). *Zoosystematics and Evolution*. 89(1). 31-166. DOI: 10.1002/zoos.20130 0004

100. Rannala, B. y Yang, Z. (2020). Species Delimitation. En Scornavacca, C., Delsuc, F. y Galter, N. (eds). *Phylogenetics in the Genomic Era*. Disponible en: [hal.archives-ouvertes.fr/hal-02536468/document](http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02536468/document)
101. REPSA. (2016). Listado de especies: Animales. Consultado el 07/01/2019. Disponible en: <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivos/caracteristicas/biodiversidad/listado-de-especies/listado-especies-repsa-animales>
102. REPSA. (s.f a). El matorral xerófilo de palo loco. Consultado el 29 de marzo de 2020. Disponible en: <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivos/caracteristicas/matorral-de-palo-loco>
103. REPSA. (s.f b). Historia. Consultado el 29 de marzo de 2020. Disponible en: <http://www.repsa.unam.mx/index.php/historia-repsa>
104. REPSA. (2017). Pedregales. Consultado el 07/01/2019. Disponible en: <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivosrepsa/conservacion/acciones-mitigacion/mit-repsa-pedregales>
105. REPSA. (2019). Ficha descriptiva REPSA. Consultado el 05/01/2019. Disponible en: <http://www.repsa.unam.mx/index.php/ubicacion/mapa-del-sitio/44-2013-08-07-13-15-59/29>
106. Rivers, D. B. & Dahlem, G. A. (2014). Chapter 4: Introduction to Entomology. En *The Science of Forensic Entomology*. 47-67
107. Roback, S. (1951). A Classification of the Muscoid Calyptrate Diptera. *Entomological Society of America*. 44(1). 327-361
108. Roberts, R. A. (1934). Some insects collected in Mexico, Mostly in Association with Man and Animals or Animal Products. *Journal of the New York Entomological Society*. 43(3). 244-261. Disponible en: [www.jstor.org/stable/25004561](http://www.jstor.org/stable/25004561)
109. Rocha, R., Mello-Patiu, C., Ururahy-Rodrigues, A., Guimaraes, C. y de Carvalho, M. M. (2010). Temporal distribution of ten calyptrate dipteran species of medicolegal importance in Rio de Janeiro, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 105(2). 191-198. DOI: 10.1590/S0074-02762010000200014
110. Rodriguez-Castro, V. A., Ramirez-Hernandez, E. A., Perez-Saucedo, M. A., Moreira-Vela, M. E., Solis-Esquivel, E., Mercado-Hernández, R. y Quiroz-Martínez, H. (2016). Insectos Presentes en Necrotrampas Expuestas y Enterradas en Cadereyta, Jiménez, Nuevo León, México. *Southwestern Entomologist*. 41(3). 741-750. DOI: 10.3958/059.041.0316.
111. Rojo, A. (Comp.). 1994. Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel", ecología, historia natural y manejo. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 410 pp.
112. Rozkosný, R., Frantisek, G. y Pont, A. (1997). The European *Fanniidae*. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae BRNO*. 31(2). 1-80.
113. Ruppert, E. y Barnes, . (1996). Capítulo 16: Insectos. En *Zoología de animales invertebrados*. México: 831-869.
114. Sánchez-rojas, G., Castellanos, I. y Marquez-Vazquez, A. (2011). Sampling necrophagous and predatory insects using different lures in a Mexican pine forest. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82. 1037--1040. DOI: 10.22201/ib.20078796e.2011.3.718.
115. Savage, J. (2010). Chapter 107: *Fanniidae* (Fanniid Flies, Latrine Flies). En Brown, B. V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. y Zumbado, M. A. (2010). *Manual of Central American Diptera*. Vol. 2. Canadá: CRC Press. 1277-1280
116. Savopoulou-Soultani, M., Papadopoulos, N. T., Milonas, P. y Moyal, P. (2012). Abiotic Factors and Insect Abundance. *Psyche: A journal of entomology*. 2012. 1-2. DOI: 10.1155/2012/167420
117. Schlick-Steiner, B. C., Steiner, F. M., Seifert, B., Stauffer, C., Christian, E. y Crozier, R. H. (2010). Integrative Taxonomy: A Multisource Approach to Exploring Biodiversity. *Annual Review of Entomology*. 55. 421-438. DOI: 10.1146/annurev-ento-112408-085432
118. Simberloff, D. y Dayan, T. (1991). The Guild concept and the Ecological Communities. *annual Review of Ecology, Evolution and systematics*. 22. 115-143. DOI: [10.1146/annurev.es.22.110191.000555](http://10.1146/annurev.es.22.110191.000555)
119. Singh, D., Bala, M., Kumar, M. y Wadhawan, B. (2009). Forensic Entomology An Exhaustive review. *Annals of the Entomology*. 27(1-1). 1-44. ISSN 0970-3721
120. Smith, K. G. (1986). A manual of forensic entomology. The British Museum (Natural History). Londres: London and Cornell University Press. 205.
121. Sneath, P. H. y Sokal, R. R. (1973). Chapter 3: Taxonomic Evidence. En Seath, P. H. y Sokal, R. R. (eds.) *Numerical Taxonomy.: The Principles and Practice of Numerical Taxonomic*. EE.UU: W. H. Freeman and Company. 69-71.

122. Stevens, J. R., Picard, C. J. y Wells, J. D. (2020). Chapter 11: Molecular Genetic Methods for Forensic Entomology. En Byrd, J. H. y Tomberlin, J. K. (eds.). *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. (3a). EE.UU: CRC Press. 253-268.
123. Stein, P. (1892). Drei neue merkwürdige Homalomyia-Arten. *Wiener Entomologische Zeitung*. 11. 64-77. Disponible en: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/44096#page/7/mode/1up>
124. Téllez, I. (2018). Código de barras genético de especies de dípteros necrófilos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2018/mayo/0774308/index.html>
125. Torretti, R. (2010). La proliferación de los conceptos de especie en la biología evolucionista. *THEORIA Revista de Teoría, Historia y fundamentos de la Ciencia*. 25 (3). 325-377. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339730813004>
126. Triplehorn, C. A. y Johnson, N. F. (2005). Borror and DeLong's Introduction To the Study of insects. (7a). EE.UU: Thomson Brooks.
127. Trontelj, P. y Fiser, C. (2009). Perspectives: Cryptic species diversity should not be trivialises. *Systematics and biodiversity*. 7(1). 1-3. DOI: 10.1017/s1477200008007909
128. Trujillo, P. R. y Trujillo, G. A. (2015). Capítulo 6: Procesos transformativos del cadáver. En *Medicina Forense*. México: Editorial Alfíl. 63-86.
129. Yusseff-Vanegas, S. Z. y Agnarsson, I. (2017). DNA-barcoding of forensically important blow-flies (Diptera: *Calliphoridae*) in the Caribbean Region. *PeerJ Life & environment*. 1-40. DOI: 10.7717/peerj.3516.
130. Walther, B. A. y Moore, J. L. (2005). The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with literature review of estimator preference. *Ecography*. 28. 815-829. DOI: [10.1111/j.2005.0906-7590.04112.x](https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04112.x)
131. Wells, J. D. y Stevens, J. R. (2009). Chapter 13: Molecular Methods for Forensic Entomology. En Byrd, J. H. y Castner, J. L. (eds.) *Forensic entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. (2a). EE.UU: CRC Press. 437-453.
132. Wendt, L. D. y De Carvalho, C. J. B. (2008). Taxonomy of *Fanniidae* (Diptera) of Southern Brazil: New species and Key Identification of *Fania* Robineau-Desvoidy. *Revista Brasileira de Entomologia*. 53(2). 171-206. DOI: 10.1590/s0085/56262009000200003.
133. White, B. P., Pilgrim, E. M., Boykin, L. M., Stein, E. D. y Mazor, R. D. (2014). Comparison of four species-delimitation methods applied to a DNA barcode data set of insect larvae for use in routine bioassessment. *Freshwater Science*. 23 (1). 338-348 Disponible en: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/674982>
134. Wiens, J. J. (2007). Species Delimitation: New Approaches for Discovering Biodiversity. *Systematic Biology*. 56(6). 875-878. DOI: 10.1018/10635150701748506
135. Zepeda-Cavazos, I. G., Flores-Hernández, G. J., Iruegas-Buentello, F. J., Tijerina-Medina, G., Caballero-Quintero, A. y Quiroz-Martínez, H. (2015). Diversidad de Insectos en necrotampas expuestas a dos condiciones en el Osaje, Salinas Victoria, Nuevo León, México. *Entomología mexicana*. 2. 648-654. Disponible en: <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2015/EMF/PAG%20%20648-654.pdf>
136. Zhang, D. Wang, J., Wang, M. F., Li, K. (2011). Taxonomic review of the lepidid-group of *Fannia* R.-D. (Diptera: Fanniidae). *Zootaxa*. 2803. 57.62. DOI: 10.11646/zootaxa.2803.1.6

## 10. ANEXOS

### ANEXO 1. NÚMERO DE INDIVIDUOS PARA CADA MORFOTIPO POR FECHA, LUGAR Y TÉCNICA DE RECOLECTA.

| RECOLECTA   |           |       | MORFOTIPOS |   |   |    |   |   |   |    |   |    |   | TOTAL |    |    |
|-------------|-----------|-------|------------|---|---|----|---|---|---|----|---|----|---|-------|----|----|
| FECHA       | TÉCNICA   | LUGAR | A          | B |   | C  | D | E | F |    | G | H  | I | NETO  | ♂  | ♀  |
|             |           |       |            | ♂ | ♀ |    |   |   | ♂ | ♀  |   |    |   |       |    |    |
| 07/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 08/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 1 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 2     | 1  | 1  |
| 09/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 4  | 8 | 7  | 0 | 30    | 21 | 9  |
| 10/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 1 | 4  | 0 | 0 | 0 | 5  | 4 | 5  | 0 | 19    | 15 | 4  |
| 14/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 1 | 0 | 4  | 0 | 0 | 0 | 4  | 3 | 5  | 0 | 17    | 13 | 4  |
| 15/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 9 | 10 | 0 | 25    | 16 | 9  |
| 15/06/2016  | T.A 2     | LCF   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 1  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 16/06/2016  | T.A 1     | LCF   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 1 | 0  | 0 | 1     | 0  | 1  |
| 16/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 5  | 0 | 0 | 0 | 0  | 7 | 12 | 2 | 26    | 19 | 7  |
| 17/06/2016  | T.A1-1    | LCF   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 1  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 17/06/2016  | T.A 1-11  | LCF   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 1  | 1 | 0  | 0 | 3     | 2  | 1  |
| 17/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 4  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 3  | 2 | 9     | 9  | 0  |
| 20/06/2016  | T.A 2     | LCF   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 5 | 0  | 0 | 5     | 0  | 5  |
| 20/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 1 | 2  | 0 | 1 | 0 | 0  | 3 | 1  | 0 | 8     | 4  | 4  |
| 21/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 3 | 0  | 0 | 4     | 1  | 3  |
| 22/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 3  | 6 | 18 | 0 | 43    | 37 | 6  |
| 24/06/2016  | T.A 1     | LCF   | 0          | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 2     | 2  | 0  |
| 26/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 8  | 0 | 0 | 0 | 0  | 8 | 0  | 2 | 18    | 10 | 8  |
| 27/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 1 | 14 | 1 | 2 | 4 | 10 | 6 | 11 | 3 | 52    | 40 | 12 |
| 30/06/2016  | -         | LCF   | 0          | 0 | 0 | 6  | 0 | 1 | 0 | 2  | 2 | 2  | 0 | 13    | 10 | 3  |
| 2-6/07/2016 | T.A.S     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 2  | 0 | 5     | 5  | 0  |
| 06/07/2016  | T.A 1-111 | C.O   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 2     | 2  | 0  |
| 14/07/2016  | P.C 2     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 02/08/2016  | T.A 1     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 6  | 0 | 0 | 0 | 0  | 4 | 1  | 0 | 11    | 7  | 4  |
| 02/08/2016  | T.A 3     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 31/08/2016  | T.A 2     | C.O   | 0          | 4 | 2 | 5  | 0 | 0 | 1 | 9  | 0 | 5  | 3 | 29    | 24 | 5  |
| 31/08/2016  | T.A 1     | J.B   | 0          | 8 | 8 | 7  | 0 | 1 | 0 | 1  | 0 | 4  | 3 | 32    | 23 | 9  |
| 04/09/2016  | T.A 2     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 07/09/2016  | T.A 3     | J.B   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 2  | 0 | 0  | 0 | 2     | 2  | 0  |
| 07/09/2016  | T.A 1     | J.B   | 0          | 2 | 1 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 3     | 1  | 2  |
| 09/09/2016  | T.A 2     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 1 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 0  | 1  |
| 14/09/2016  | T.A 1     | J.B   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 14/09/2016  | T.A 1     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 23/09/2016  | T.A1      | C.O   | 0          | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 2     | 2  | 0  |
| 23/09/2016  | T.A 3     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 2     | 2  | 0  |
| 19/10/2016  | T.A 3     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 2  | 0 | 1 | 0 | 0  | 0 | 1  | 0 | 4     | 3  | 1  |
| 23/10/2016  | T.A 3     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 3  | 0 | 0  | 0 | 3     | 3  | 0  |
| 28/11/2016  | T.A 3     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 28/11/2016  | T.C 2     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 02/12/2016  | P.C 1     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 14/12/2016  | T.A 1     | J.B   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 1  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 15/12/2016  | T.A 1     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 3     | 3  | 0  |
| 15/12/2016  | P. C 2    | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 06/01/2017  | T.A 2     | J.B   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 3  | 0 | 3     | 3  | 0  |
| 17/01/2017  | T.A 1     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 2     | 2  | 0  |
| 19/01/2017  | T.A 1     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 1  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 23/01/2017  | N.C 3     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 23/01/2017  | N.C 2     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 23/01/2017  | T.A 1     | C.O   | 0          | 0 | 1 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 31/01/2017  | N.C 2     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 1  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 02/02/2017  | N.C1      | C.O   | 0          | 0 | 1 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 02/02/2017  | N.C 2     | C.O   | 1          | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 1  | 0 | 4     | 4  | 0  |
| 24/02/2017  | N.C       | LCF   | 0          | 0 | 5 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 7     | 7  | 0  |
| 23/03/2017  | T.A 3     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 31/03/2017  | CM, R     | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0  | 0 | 1     | 1  | 0  |
| 31/03/2017  | -         | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 2 | 0 | 0 | 0  | 0 | 0  | 0 | 2     | 2  | 0  |
| 03/04/2017  | AS        | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 3  | 0 | 0  | 0 | 3     | 3  | 0  |
| 04/04/2017  | AS        | C.O   | 0          | 0 | 0 | 0  | 1 | 0 | 0 | 4  | 2 | 2  | 0 | 9     | 7  | 2  |

**ANEXO 1. NÚMERO DE INDIVIDUOS PARA CADA MORFOTIPO POR FECHA, LUGAR Y TÉCNICA DE RECOLECTA. (Continuación)**

| RECOLECTA             |           |       | MORFOTIPOS |     |               |     |     |    |    |     |     |     |    | TOTAL |      |     |
|-----------------------|-----------|-------|------------|-----|---------------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-------|------|-----|
| FECHA                 | TÉCNICA   | LUGAR | A          | B   |               | C   | D   | E  | F  |     | G   | H   | I  | NETO  | ♂    | ♀   |
|                       |           |       |            | ♂   | ♀             |     |     |    | ♂  | ♀   |     |     |    |       |      |     |
| 04/04/2017            | R         | C.O   | 0          | 0   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 2   | 0  | 2     | 2    | 0   |
| 05/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 2   | 0   | 0  | 0  | 4   | 0   | 1   | 0  | 7     | 7    | 0   |
| 06/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 3   | 0             | 3   | 0   | 0  | 1  | 5   | 0   | 2   | 0  | 14    | 10   | 4   |
| 06/04/2017            | R         | C.O   | 0          | 0   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 2   | 0   | 0  | 2     | 0    | 2   |
| 07/04/2017            | CN        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 2   | 0   | 0  | 0  | 2   | 1   | 2   | 0  | 7     | 6    | 1   |
| 10/04/2017            | CN        | C.O   | 0          | 3   | 0             | 2   | 0   | 1  | 0  | 2   | 0   | 0   | 0  | 8     | 4    | 4   |
| 11/04/2017            | CN        | C.O   | 0          | 1   | 0             | 5   | 1   | 0  | 0  | 2   | 1   | 1   | 0  | 11    | 9    | 2   |
| 12/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 2   | 0             | 5   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 7     | 5    | 2   |
| 13/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 4   | 1             | 2   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 7     | 3    | 4   |
| 14/04/2017            | CN        | C.O   | 0          | 1   | 1             | 3   | 0   | 0  | 0  | 5   | 0   | 0   | 0  | 10    | 9    | 1   |
| 17/04/2017            | CN        | C.O   | 0          | 5   | 1             | 6   | 0   | 0  | 1  | 7   | 4   | 2   | 0  | 26    | 16   | 10  |
| 19/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 0   | 3             | 4   | 0   | 0  | 1  | 0   | 2   | 6   | 0  | 16    | 13   | 3   |
| 20/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 6   | 2             | 6   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 4   | 0  | 18    | 12   | 6   |
| 21/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 17  | 2             | 4   | 3   | 1  | 1  | 7   | 3   | 9   | 0  | 47    | 25   | 22  |
| 24/04/2017            | CN        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 2   | 0   | 1   | 0  | 3     | 3    | 0   |
| 24/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 5   | 0   | 1  | 0  | 2   | 5   | 8   | 0  | 21    | 15   | 6   |
| 25/04/2017            | AS        | CO    | 0          | 1   | 1             | 0   | 3   | 1  | 0  | 1   | 1   | 17  | 0  | 25    | 22   | 3   |
| 25/04/2017            | T.A 3     | C.O   | 0          | 8   | 0             | 0   | 1   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 9     | 1    | 8   |
| 26/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 6   | 4   | 0  | 0  | 1   | 8   | 9   | 0  | 28    | 20   | 8   |
| 27/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 2   | 1             | 0   | 0   | 0  | 1  | 3   | 3   | 1   | 0  | 11    | 5    | 6   |
| 28/04/2017            | AS        | C.O   | 0          | 4   | 0             | 3   | 1   | 0  | 0  | 1   | 10  | 11  | 0  | 30    | 16   | 14  |
| 01/05/2017            | AS        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 2   | 0   | 0  | 0  | 15  | 0   | 1   | 1  | 19    | 19   | 0   |
| 02/05/2017            | AS        | C.O   | 0          | 1   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 1   | 10  | 5   | 0  | 17    | 6    | 11  |
| 02/05/2017            | CN        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0  | 1     | 1    | 0   |
| 03/05/2017            | AS        | C.O   | 0          | 12  | 2             | 0   | 0   | 1  | 0  | 5   | 7   | 13  | 0  | 40    | 20   | 20  |
| 03/05/2017            | CN        | C.O   | 1          | 0   | 0             | 1   | 1   | 2  | 3  | 5   | 6   | 9   | 0  | 28    | 17   | 11  |
| 04/05/2017            | AS        | C.O   | 0          | 6   | 0             | 5   | 3   | 0  | 1  | 2   | 3   | 7   | 0  | 27    | 17   | 10  |
| 11/05/2017            | AS        | C.O   | 0          | 2   | 0             | 2   | 2   | 0  | 0  | 5   | 1   | 7   | 0  | 19    | 16   | 3   |
| 22/05/2017            | AS        | C.O   | 1          | 1   | 0             | 1   | 0   | 0  | 0  | 0   | 2   | 5   | 0  | 10    | 7    | 3   |
| 06/06/2017            | T.A       | C.O   | 0          | 0   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0  | 1     | 1    | 0   |
| 08/06/2017            | AS        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 2   | 0   | 0  | 0  | 5   | 2   | 3   | 0  | 12    | 10   | 2   |
| 15/06/2017            | CN        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 5   | 0   | 0   | 0  | 5     | 5    | 0   |
| 15/06/2017            | AS        | C.O   | 2          | 0   | 0             | 1   | 0   | 0  | 1  | 3   | 2   | 1   | 0  | 10    | 7    | 3   |
| 25/06/2017            | T.A 2     | LCF   | 0          | 1   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 1   | 2   | 0   | 0  | 4     | 1    | 3   |
| 26/06/2017            | AS        | C.O   | 0          | 0   | 0             | 0   | 0   | 0  | 2  | 3   | 0   | 0   | 0  | 5     | 3    | 2   |
| 9/9/2016 - 28/3/2017  | T.A 1 Y 2 | C.O   | 0          | 0   | 0             | 1   | 0   | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0  | 2     | 2    | 0   |
| 20-25/6/2019          | T.A 2     | LCF   | 0          | 0   | 0             | 0   | 2   | 0  | 0  | 2   | 0   | 16  | 0  | 20    | 20   | 0   |
| 20-25/6/2019          | T.A 1     | LCF   | 0          | 2   | 3             | 13  | 16  | 0  | 0  | 31  | 5   | 17  | 3  | 90    | 83   | 7   |
| 25/06/2019            | T.A 2     | LCF   | 0          | 0   | 2             | 2   | 0   | 0  | 0  | 1   | 0   | 2   | 0  | 7     | 7    | 0   |
| 25/6/2019 - 22/7/2017 | T.A 1     | LCF   | 0          | 3   | 0             | 12  | 0   | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0  | 16    | 13   | 3   |
| 25/6/2019 - 22/7/2019 | T.A 2     | LCF   | 0          | 32  | 18            | 55  | 39  | 1  | 1  | 48  | 80  | 90  | 0  | 364   | 250  | 114 |
| 30/09/2019            | T.A       | LCF   | 0          | 3   | 0             | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 3     | 0    | 3   |
| TOTAL                 |           |       | 5          | 136 | 58            | 280 | 80  | 15 | 19 | 241 | 232 | 351 | 19 | 1436  | 1034 | 402 |
| TOTAL B (♂+♀)         |           |       | 194        |     | TOTAL F (♂+♀) |     | 260 |    |    |     |     |     |    |       |      |     |

**ACOTACIONES:**

AS= Aspirado

N.C= Necrotrampa

T.A= Trampa aérea

C.O= Cantera Oriente

T.A.S= Trampa soleada

aérea J.B= Jardín Botánico

CM= Campana

P.C= Pitfall con cebo

T.C= Trampa control

LCF= Licenciatura en Ciencia Forense

CN= Cono

R= Redes

**NOTA:** Los números que siguen después de alguna Acotación en la columna de Técnica de muestreo hace referencia al número de trampa de la que se obtuvo el lote. Por ejemplo "T.A. 1" hace referencia a que el lote se obtuvo de la Trampa Aérea número 1.

**ANEXO 2. MATRIZ DE DE INDIVIDUOS POR ESPECIE EN 25 TRAMPAS PARA**  
**EstimateS**

| Estimates25 | *SampleSet |   |   |    |    |   |
|-------------|------------|---|---|----|----|---|
| 7           | 25         |   |   |    |    |   |
| 0           | 2          | 3 | 0 | 5  | 0  | 0 |
| 0           | 6          | 5 | 0 | 10 | 5  | 3 |
| 0           | 0          | 1 | 0 | 1  | 0  | 0 |
| 0           | 5          | 2 | 0 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 0          | 2 | 0 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 0          | 1 | 0 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 3          | 0 | 0 | 4  | 4  | 0 |
| 0           | 0          | 8 | 0 | 0  | 8  | 2 |
| 0           | 1          | 0 | 0 | 1  | 2  | 0 |
| 0           | 0          | 3 | 0 | 0  | 1  | 0 |
| 0           | 0          | 0 | 2 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 4          | 3 | 1 | 1  | 21 | 0 |
| 0           | 0          | 0 | 0 | 0  | 2  | 0 |
| 0           | 1          | 0 | 0 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 1          | 0 | 0 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 0          | 7 | 0 | 2  | 4  | 0 |
| 0           | 8          | 0 | 1 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 1          | 0 | 0 | 1  | 0  | 0 |
| 0           | 3          | 0 | 0 | 0  | 0  | 0 |
| 2           | 0          | 1 | 0 | 4  | 3  | 0 |
| 0           | 0          | 2 | 0 | 1  | 2  | 0 |
| 0           | 6          | 5 | 3 | 3  | 10 | 0 |
| 0           | 0          | 6 | 4 | 1  | 17 | 0 |
| 0           | 0          | 1 | 0 | 0  | 0  | 0 |
| 0           | 16         | 8 | 0 | 1  | 4  | 3 |

### ANEXO 3. RESULTADOS DE EstimateS.

| Muestras | Individuales (computed) | S(est) | S(est) 95% CI Lower Bound | S(est) 95% CI Upper Bound | S(est) SD | S Mean (runs) | Singletos Mean | Singletos SD (runs) | Doubletos Mean | Doubletos SD (runs) | Uniques Mean | Uniques SD (runs) |
|----------|-------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|-----------|---------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|--------------|-------------------|
| 1        | 10.16                   | 2.56   | 1.42                      | 3.7                       | 0.58      | 2.5           | 0.82           | 0.72                | 0.41           | 0.59                | 2.5          | 1.4               |
| 2        | 20.32                   | 3.9    | 2.35                      | 5.45                      | 0.79      | 3.78          | 0.84           | 0.98                | 0.66           | 0.64                | 2.65         | 1.22              |
| 3        | 30.48                   | 4.63   | 3                         | 6.27                      | 0.83      | 4.62          | 0.61           | 0.72                | 0.82           | 0.82                | 2.32         | 1.24              |
| 4        | 40.64                   | 5.07   | 3.48                      | 6.66                      | 0.81      | 5.13          | 0.45           | 0.63                | 0.79           | 0.92                | 1.87         | 1.11              |
| 5        | 50.8                    | 5.37   | 3.86                      | 6.87                      | 0.77      | 5.5           | 0.34           | 0.55                | 0.72           | 0.87                | 1.68         | 0.92              |
| 6        | 60.96                   | 5.58   | 4.17                      | 6.99                      | 0.72      | 5.76          | 0.26           | 0.52                | 0.72           | 0.79                | 1.5          | 0.77              |
| 7        | 71.12                   | 5.76   | 4.44                      | 7.07                      | 0.67      | 5.93          | 0.13           | 0.34                | 0.68           | 0.75                | 1.35         | 0.85              |
| 8        | 81.28                   | 5.91   | 4.68                      | 7.14                      | 0.63      | 6.07          | 0.12           | 0.33                | 0.67           | 0.7                 | 1.27         | 0.81              |
| 9        | 91.44                   | 6.03   | 4.89                      | 7.18                      | 0.59      | 6.15          | 0.09           | 0.29                | 0.66           | 0.7                 | 1.2          | 0.84              |
| 10       | 101.6                   | 6.15   | 5.08                      | 7.22                      | 0.55      | 6.18          | 0.07           | 0.26                | 0.64           | 0.67                | 1.06         | 0.78              |
| 11       | 111.76                  | 6.25   | 5.25                      | 7.24                      | 0.51      | 6.21          | 0.05           | 0.22                | 0.65           | 0.67                | 1.01         | 0.77              |
| 12       | 121.92                  | 6.34   | 5.42                      | 7.25                      | 0.47      | 6.33          | 0.03           | 0.17                | 0.65           | 0.63                | 0.96         | 0.8               |
| 13       | 132.08                  | 6.41   | 5.56                      | 7.26                      | 0.44      | 6.36          | 0.04           | 0.2                 | 0.66           | 0.62                | 0.92         | 0.8               |
| 14       | 142.24                  | 6.48   | 5.7                       | 7.26                      | 0.4       | 6.4           | 0.04           | 0.2                 | 0.64           | 0.63                | 0.89         | 0.82              |
| 15       | 152.4                   | 6.54   | 5.83                      | 7.26                      | 0.36      | 6.46          | 0.03           | 0.17                | 0.66           | 0.64                | 0.84         | 0.77              |
| 16       | 162.56                  | 6.6    | 5.96                      | 7.25                      | 0.33      | 6.51          | 0.02           | 0.14                | 0.69           | 0.61                | 0.84         | 0.72              |
| 17       | 172.72                  | 6.65   | 6.08                      | 7.23                      | 0.29      | 6.61          | 0.01           | 0.1                 | 0.74           | 0.58                | 0.82         | 0.63              |
| 18       | 182.88                  | 6.7    | 6.2                       | 7.21                      | 0.26      | 6.64          | 0              | 0                   | 0.71           | 0.52                | 0.78         | 0.58              |
| 19       | 193.04                  | 6.75   | 6.32                      | 7.18                      | 0.22      | 6.68          | 0              | 0                   | 0.74           | 0.52                | 0.8          | 0.59              |
| 20       | 203.2                   | 6.8    | 6.43                      | 7.16                      | 0.18      | 6.73          | 0              | 0                   | 0.75           | 0.48                | 0.79         | 0.52              |
| 21       | 213.36                  | 6.84   | 6.55                      | 7.13                      | 0.15      | 6.78          | 0              | 0                   | 0.78           | 0.42                | 0.82         | 0.46              |
| 22       | 223.52                  | 6.88   | 6.66                      | 7.1                       | 0.11      | 6.89          | 0              | 0                   | 0.89           | 0.31                | 0.92         | 0.37              |
| 23       | 233.68                  | 6.92   | 6.77                      | 7.07                      | 0.07      | 6.93          | 0              | 0                   | 0.93           | 0.26                | 0.94         | 0.28              |
| 24       | 243.84                  | 6.96   | 6.89                      | 7.03                      | 0.04      | 6.96          | 0              | 0                   | 0.96           | 0.2                 | 0.96         | 0.2               |
| 25       | 254                     | 7      | 7                         | 7                         | 0         | 7             | 0              | 0                   | 1              | 0                   | 1            | 0                 |

### ANEXO 3. RESULTADOS DE EstimateS. (Continuación)

| Muestras | Duplicates Mean | Duplicates SD (runs) | ACE Mean | ACE SD (runs) | ICE Mean | ICE SD (runs) | Chao 1 Mean | Chao 1 95% CI Lower Bound | Chao 1 95% CI Upper Bound | Chao 1 SD (analytical) | Chao 2 Mean | Chao 2 95% CI Lower Bound |
|----------|-----------------|----------------------|----------|---------------|----------|---------------|-------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------|---------------------------|
| 1        | 0               | 0                    | 2.96     | 1.78          | 2.5      | 1.4           | 2.61        | 2.54                      | 4.99                      | 0.51                   | 2.5         | 3.77                      |
| 2        | 1.13            | 1.08                 | 4.82     | 2.12          | 8.89     | 6.05          | 4.02        | 3.83                      | 7.17                      | 0.69                   | 4.84        | 3.98                      |
| 3        | 1.67            | 1.06                 | 5.23     | 1.36          | 9.11     | 5.24          | 4.7         | 4.68                      | 6.65                      | 0.48                   | 5.49        | 4.86                      |
| 4        | 1.68            | 1.1                  | 5.54     | 1.23          | 7.57     | 3.43          | 5.18        | 5.18                      | 6.68                      | 0.42                   | 5.73        | 5.39                      |
| 5        | 1.33            | 1.03                 | 5.79     | 1.14          | 6.96     | 1.65          | 5.54        | 5.53                      | 6.82                      | 0.4                    | 6           | 5.72                      |
| 6        | 1.05            | 0.91                 | 6.03     | 1.09          | 6.81     | 1.16          | 5.79        | 5.78                      | 6.97                      | 0.38                   | 6.13        | 5.92                      |
| 7        | 0.88            | 0.91                 | 6.02     | 0.69          | 6.79     | 1.28          | 5.93        | 5.94                      | 6.77                      | 0.32                   | 6.39        | 6.09                      |
| 8        | 0.79            | 0.73                 | 6.16     | 0.67          | 6.82     | 1.16          | 6.07        | 6.08                      | 6.89                      | 0.32                   | 6.44        | 6.18                      |
| 9        | 0.72            | 0.67                 | 6.22     | 0.64          | 6.86     | 1.17          | 6.15        | 6.15                      | 6.95                      | 0.31                   | 6.5         | 6.23                      |
| 10       | 0.79            | 0.61                 | 6.23     | 0.62          | 6.77     | 1.06          | 6.18        | 6.18                      | 6.93                      | 0.3                    | 6.41        | 6.25                      |
| 11       | 0.74            | 0.61                 | 6.25     | 0.58          | 6.76     | 1             | 6.21        | 6.21                      | 6.94                      | 0.3                    | 6.43        | 6.28                      |
| 12       | 0.82            | 0.66                 | 6.36     | 0.57          | 6.85     | 1.01          | 6.33        | 6.33                      | 7.03                      | 0.28                   | 6.54        | 6.39                      |
| 13       | 0.77            | 0.69                 | 6.39     | 0.59          | 6.86     | 1.02          | 6.36        | 6.36                      | 7.05                      | 0.28                   | 6.56        | 6.42                      |
| 14       | 0.7             | 0.67                 | 6.44     | 0.58          | 6.89     | 1.01          | 6.4         | 6.4                       | 7.07                      | 0.27                   | 6.63        | 6.46                      |
| 15       | 0.7             | 0.7                  | 6.49     | 0.59          | 6.93     | 0.97          | 6.46        | 6.46                      | 7.1                       | 0.26                   | 6.65        | 6.52                      |
| 16       | 0.65            | 0.69                 | 6.53     | 0.57          | 6.97     | 0.92          | 6.51        | 6.51                      | 7.17                      | 0.27                   | 6.68        | 6.57                      |
| 17       | 0.71            | 0.61                 | 6.62     | 0.51          | 7.06     | 0.83          | 6.61        | 6.61                      | 7.29                      | 0.28                   | 6.72        | 6.67                      |
| 18       | 0.64            | 0.56                 | 6.64     | 0.48          | 7.09     | 0.82          | 6.64        | 6.64                      | 7.29                      | 0.27                   | 6.71        | 6.68                      |
| 19       | 0.53            | 0.52                 | 6.68     | 0.47          | 7.2      | 0.86          | 6.68        | 6.68                      | 7.34                      | 0.27                   | 6.76        | 6.71                      |
| 20       | 0.46            | 0.52                 | 6.73     | 0.45          | 7.27     | 0.83          | 6.73        | 6.73                      | 7.39                      | 0.28                   | 6.78        | 6.76                      |
| 21       | 0.39            | 0.49                 | 6.78     | 0.42          | 7.36     | 0.82          | 6.78        | 6.78                      | 7.46                      | 0.28                   | 6.81        | 6.8                       |
| 22       | 0.33            | 0.47                 | 6.89     | 0.31          | 7.51     | 0.7           | 6.89        | 6.89                      | 7.64                      | 0.31                   | 6.92        | 6.91                      |
| 23       | 0.23            | 0.42                 | 6.93     | 0.26          | 7.46     | 0.5           | 6.93        | 6.93                      | 7.71                      | 0.32                   | 6.94        | 6.94                      |
| 24       | 0.17            | 0.38                 | 6.96     | 0.2           | 7.48     | 0.31          | 6.96        | 6.96                      | 7.75                      | 0.33                   | 6.96        | 6.97                      |
| 25       | 0               | 0                    | 7        | 0             | 7.53     | 0             | 7           | 7                         | 7.82                      | 0.34                   | 7           | 7                         |

### ANEXO 3. RESULTADOS DE EstimateS. (Continuación)

| Muestras | Chao 2<br>95% CI<br>Upper<br>Bound | Chao 2<br>SD<br>(analytical) | Jack 1<br>Mean | Jack 1<br>SD<br>(analytical) | Jack 2<br>Mean | Jack 2<br>SD<br>(runs) | Bootstrap<br>p Mean | Bootstrap<br>p SD<br>(runs) | MMRuns<br>Mean | MMMeans<br>(1 run) | Cole<br>Rarefaction | Cole SD<br>(analytical) |
|----------|------------------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 1        | 4.26                               | 0.1                          | 2.5            | 0                            | 0              | 0                      | 2.5                 | 1.4                         | 0              | 0                  | 4.25                | 0.94                    |
| 2        | 12.45                              | 1.53                         | 5.11           | 0.72                         | 5.11           | 1.71                   | 4.44                | 1.48                        | 5.7            | 8.15               | 5.17                | 0.83                    |
| 3        | 12.66                              | 1.39                         | 6.17           | 0.99                         | 6.66           | 1.92                   | 5.37                | 1.22                        | 7.56           | 7.84               | 5.61                | 0.78                    |
| 4        | 11.85                              | 1.13                         | 6.53           | 0.94                         | 6.91           | 2.07                   | 5.83                | 1.06                        | 12.69          | 7.62               | 5.9                 | 0.72                    |
| 5        | 11.66                              | 1.04                         | 6.84           | 0.92                         | 7.25           | 1.91                   | 6.17                | 0.89                        | 11.43          | 7.48               | 6.11                | 0.67                    |
| 6        | 11.18                              | 0.92                         | 7.01           | 0.91                         | 7.45           | 1.68                   | 6.38                | 0.75                        | 15.36          | 7.39               | 6.26                | 0.62                    |
| 7        | 11.67                              | 1.02                         | 7.09           | 0.87                         | 7.53           | 2.07                   | 6.5                 | 0.82                        | 16.72          | 7.33               | 6.38                | 0.59                    |
| 8        | 11.24                              | 0.94                         | 7.18           | 0.85                         | 7.63           | 2                      | 6.61                | 0.78                        | 10.18          | 7.3                | 6.48                | 0.55                    |
| 9        | 11.01                              | 0.91                         | 7.22           | 0.82                         | 7.66           | 2.02                   | 6.66                | 0.79                        | 9.18           | 7.28               | 6.55                | 0.53                    |
| 10       | 9.86                               | 0.72                         | 7.13           | 0.77                         | 7.42           | 1.9                    | 6.65                | 0.76                        | 8.65           | 7.27               | 6.62                | 0.5                     |
| 11       | 9.75                               | 0.71                         | 7.13           | 0.76                         | 7.41           | 1.87                   | 6.66                | 0.74                        | 8.31           | 7.26               | 6.68                | 0.48                    |
| 12       | 9.86                               | 0.71                         | 7.21           | 0.72                         | 7.39           | 1.99                   | 6.78                | 0.76                        | 8.1            | 7.27               | 6.72                | 0.45                    |
| 13       | 9.77                               | 0.7                          | 7.21           | 0.7                          | 7.39           | 1.99                   | 6.79                | 0.77                        | 7.94           | 7.27               | 6.77                | 0.42                    |
| 14       | 10.05                              | 0.73                         | 7.23           | 0.67                         | 7.44           | 2.05                   | 6.82                | 0.77                        | 7.82           | 7.28               | 6.8                 | 0.4                     |
| 15       | 9.88                               | 0.69                         | 7.24           | 0.65                         | 7.41           | 2.02                   | 6.87                | 0.77                        | 7.73           | 7.29               | 6.84                | 0.37                    |
| 16       | 9.69                               | 0.65                         | 7.3            | 0.68                         | 7.5            | 1.92                   | 6.91                | 0.73                        | 7.67           | 7.29               | 6.87                | 0.34                    |
| 17       | 9.1                                | 0.53                         | 7.38           | 0.7                          | 7.52           | 1.7                    | 7.02                | 0.68                        | 7.62           | 7.3                | 6.9                 | 0.3                     |
| 18       | 8.67                               | 0.48                         | 7.38           | 0.69                         | 7.53           | 1.6                    | 7.03                | 0.66                        | 7.58           | 7.31               | 6.92                | 0.27                    |
| 19       | 8.86                               | 0.51                         | 7.44           | 0.7                          | 7.71           | 1.62                   | 7.06                | 0.65                        | 7.55           | 7.32               | 6.94                | 0.23                    |
| 20       | 8.52                               | 0.46                         | 7.48           | 0.72                         | 7.8            | 1.5                    | 7.11                | 0.62                        | 7.53           | 7.33               | 6.96                | 0.2                     |
| 21       | 8.36                               | 0.44                         | 7.56           | 0.76                         | 7.97           | 1.32                   | 7.16                | 0.57                        | 7.51           | 7.34               | 6.97                | 0.16                    |
| 22       | 8.56                               | 0.46                         | 7.77           | 0.86                         | 8.32           | 1.06                   | 7.3                 | 0.44                        | 7.51           | 7.35               | 6.99                | 0.12                    |
| 23       | 8.44                               | 0.47                         | 7.83           | 0.89                         | 8.49           | 0.86                   | 7.33                | 0.35                        | 7.51           | 7.36               | 6.99                | 0.08                    |
| 24       | 8.39                               | 0.46                         | 7.88           | 0.92                         | 8.61           | 0.63                   | 7.37                | 0.27                        | 7.51           | 7.38               | 7                   | 0.04                    |
| 25       | 8.54                               | 0.52                         | 7.96           | 0.96                         | 8.88           | 0                      | 7.41                | 0                           | 7.51           | 7.39               | 7                   | 0                       |

### ANEXO 4. VALORES DE CONCENTRACIÓN, ABSORBANCIA A 260nm y 280nm Y COCIENTE A260/A280 PARA LAS EXTRACCIONES DE DNA DE FANNIIDAE DE LA REPSA.

| NÚMERO DE<br>VOUCHER      | CONCENTRACIÓN<br>[ng/μl] | ABSORBANCIA |       | A260/A280 |
|---------------------------|--------------------------|-------------|-------|-----------|
|                           |                          | 260nm       | 280nm |           |
| CPL 2212                  | 110.4                    | 2.208       | 1.098 | 2.01      |
| CPL 2213                  | 111.0                    | 2.219       | 1.117 | 1.99      |
| CPL 2214                  | 68.2                     | 1.364       | 0.685 | 1.99      |
| CPL 2215                  | 14.7                     | 0.293       | 0.168 | 1.75      |
| CPL 2216                  | 29.4                     | 0.587       | 0.303 | 1.94      |
| CPL 2217                  | 13.6                     | 0.271       | 0.137 | 1.98      |
| CPL 2298                  | 74.8                     | 1.496       | 0.765 | 1.96      |
| CPL 2299                  | 296.6                    | 5.932       | 2.802 | 2.12      |
| CPL 2300                  | 4.0                      | 0.081       | 0.041 | 1.99      |
| CPL 2301                  | 834.3                    | 16.686      | 7.859 | 2.12      |
| CPL 2302                  | 300.8                    | 6.016       | 2.831 | 2.13      |
| CPL 2303                  | 47.5                     | 0.949       | 0.461 | 2.06      |
| CPL 2304                  | 544.6                    | 10.893      | 5.174 | 2.11      |
| CPL 2305                  | 48.4                     | 0.968       | 0.480 | 2.02      |
| CPL 2306                  | 72.9                     | 1.457       | 0.730 | 2.00      |
| CPL 2307                  | 299.7                    | 5.994       | 2.767 | 2.17      |
| CPL 2308                  | 114.4                    | 2.287       | 1.087 | 2.10      |
| CPL 2309                  | 30.9                     | 0.618       | 0.298 | 2.07      |
| Valores mínimos obtenidos |                          |             |       |           |
| Valores máximos obtenidos |                          |             |       |           |

## ANEXO 5 SECUENCIAS GENÉTICAS DE REFERENCIA UTILIZADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

### *Fannia canicularis* KJ083278 Tamaño 585 pb

GGACATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTGGGTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATGCCTATTATAATTGGTGGATTGGTAATTGATTAGTACCTCTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCA  
TTTCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCAGCTTTAACTTTATTACTAGTAAGAAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGT  
TGAAGTGTTCACCTCCACTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTCTCTCTTCATCTTGCAGGTATTTCTC  
TATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACCTGTGATTAAACATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCCGTAGT  
TATTACAGCTTTATTATTACTTTTATCTTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATTATTAAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGAT  
CCTGCAGGAGGTGGAG

### *Fannia latipalpis* KY511180 Tamaño 585 pb

GAACATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTAGGTCACCTGGAGCATTAAATGGAGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTTATACCAATTATAATTGGTGGATTGGAAATTGATTAGTTCTTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCAT  
TTCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTACTTCCACCAGCTTTAACTTTATTACTGGTAAGTAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGTACTGGT  
TGAACAGTTTACCCCTCACTTTCATCTAATATTGCTCATGGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTCTCTCTTCATCTTGCAGGTATTTCTC  
TATTTTAGGAGCTGTGAATTTTATTACAACCTGTTATTAAATATACGTTCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCAGTAGT  
AATTACAGCTTTATTACTTCTTTATCTTACCAGTTTATAGCTGGAGCTATTACAATTATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACTTCATTTTTTGAC  
CCTGCAGGAG

### *Fanniidae* sp. JF871069 Tamaño 585 pb

GTACTTCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTAGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTAACAGCCCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTTATACCAATTATAATTGGTGGATTGGAAATTGATTAGTTCTTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCAT  
TTCCACGAATAAATAATATAAGTTTTGATTACTACCACCAGCTTTAACTTTATTATTGGTAAGTAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGAACAGGT  
TGAAGTGTTCACCTCCCTCTATCTTCTAATATCGCTCATGGTGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTCTTCATCTTGGCTGGAATTTTCATC  
AATTTTAGGAGCTGTGAATTTTATTACTACAGTAATTAATATACGATCAACTGGAATTACATTTGATCGAATACCACTTTATTTGTTTGATCTGTTGT  
AATTACAGCTTTATTATTACTTTTACCTGTTTTAGCTGGTGAATTACTATATTATTAACAGATCGAAATTTAAACACTTCATTTTTTGAC  
CCAGCAGGAG

### *Fannia* sp. MG086957 Tamaño 585 pb

GGACATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTAGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCTATTATAATTGGTGGATTGGTAATTGATTAGTACCTTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCAT  
TTCTCGAATAAATAATATAAGTTTTGATTATTACCTCCAGCTTTAACTTTATTACTAGTAAGAAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGT  
GAAGTGTTCACCTCCCTCTATCTTCTAATATCGCTCATGGTGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTCTTCATCTCGCAGGTATTTTCATCT  
ATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACCTGTAATTAATATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTAGTTA  
TTACAGCTTTATTATTACTTTTATCTTTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGACCC  
TGCAGGAG

### *Fannia* sp. KY924304 Tamaño 585 pb

GTACTTCCCTAAGTATCTTAATTCGAGCTGAAGTAGGTCACCCAGGAGCATTAAATGGTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTAACAGCTCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTTATACCAAGTTATAATTGGAGGATTGGAAATTGATTGGTTCTTTAATGTTAGGAGCTCCAGATATAGCA  
TTTCCACGAATAAATAATATAAGTTTTGATTATTACCTCCAGCTTTAACTTTACTTTTAGTTAGCTCTATAGTTGAAAAACGGGGCTGGTACAGG  
TTGAAGTGTTCACCTCCCTCTATCTTCAAACATTGCACATGGAGGAGCTTCTGTTGATTAGCAATTTTCCCTTCATTTAGCAGGAATTTTCAT  
CAATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACTGTAATTAACATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTCTATTTGATGATCTGTTG  
TAATTACAGCTTTATTATTATTATCTTTACCTGTATTAGCAGGTGCTATTACTATATTATTAACAGACCGGAATTTAAATACTTCATTTTTTGA  
CCCAGCTGGAG

### *Fannia pusio* JF872300 Tamaño 585 pb

GAACATCTTTAAGAATTTTAAATTCGAGCTGAACCTGGACATCCTGGAGCTTTAATTGGAGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTAACAGCTCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCAATTATAATTGGTGGATTGGTAATTGACTTGCCCTTTAATACTAGGAGCACCAGATATAGCT  
TTCCACGAATAAATAATATAAGCTTCTGACTACTTCTCTGCTCTATCTTTACTTTTAGTGAGCAGAATAGTTGAAAAACGGAGCTGGTACTG  
GTTGAAGTGTTCACCTCCCTGTCTATCTAACATTGCTCATGGAGGAGCATCGGTTGATTAGCAATTTTCTCCCTTCATTTAGCAGGAATTTTC  
TTCTATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACAGTAATTAATATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTT  
GTAATTACTGCTTTATTACTTTTATCTCTTCTGTTTATAGCTGGTGCAATTACTATATTATTAACAGATCGAAATTTAAATACTTCTTTCTTTG  
ATCCAGCAGGAG

### *Fannia umbrosa* KY511232 Tamaño 585 pb

GTACTTCTTTAAGAATTTTAAATTCGAGCTGAATTAGGACATCCAGGAGCATTAAATGGTGATGANCAATTTATAATGTAATTGTAACAGCTCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCTATTATAATTGGAGGATTGGNAATTGATTAGTTCTTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCTT  
TTCCACGAATAAATAATATAAGTTTTGATTACTNCCTCCTGCATTAAACCTATTATTGGTAAGTAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGTACNGGT  
TGAAGTGTTCACCTCCCTTATCTTCTAACATTGCTCATGGAGGAGCTTCAGTAGACCTAGCTATTTTTCTCTNCATTTAGCNGGAATTTTCATC  
TATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACTGTAATTAATATACGATCAACAGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCNGTAGT  
AATTACAGCTTTATTATTACTTTTATCTTTACCTGTATTAGCAGGAGCTATTACTATTATTATTAACAGATCGAAACTTAAATACATCCTTTTTTGAC  
CCTGCTGGAG

## ANEXO 6. SECUENCIAS GENÉTICAS DE CPL'S OBTENIDAS EN ESTE ESTUDIO Y QUE FORMAN PARTE DE LA BASE DE DATOS DE LA CARF.

### CPL 2212 Tamaño 580 pb

ATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTAGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGACGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCTT  
TTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCTATTATAAATTGGTGGATTTGGTAATTGATTAGTACCCTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTCCC  
TCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCCCCAGCTTTAACTCTATTACTAGTAAGTAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGAA  
CTGTTTACCCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTCTTCATCTTGAGGTATTTTCATCTATTT  
TAGGAGCTGTAAATTTTATTACCACTGAATTAATATACGTTCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCAGTAGTTATTA  
CAGCTTTATTATTACTTTTATCTTTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACTTCATTCTTTGATCCTGC  
AGGA

### CPL 2213 Tamaño 581 pb

TTCAATTAAGTATTTTAATTCGAGCTGAATTAGGACACCCAGGAGCATTAAATTGGTGATGATCAAATTTACAATGTTATTGTAACAGCTCATGCTT  
TTATCATAATTTTTTTTATAGTTATACCAATTTATAAATTGGAGGTTTTGGTAATTGACTAGTCCATTAAATATTAGGAGCTCCAGATATAGCTTTTTCC  
ACGAATAAATAATATAAGTTTTGATTACTACCTCCAGCTTTAACTTTACTTTTAGTCAGCAGTATAGTGAAAAATGGAGCTGGTACAGGTTGAA  
CTGTTTACCCACCTTTTATCATCAAACATTGCACATGGAGGTGCTTCTGTAGATTTAGCAATTTTTCCCTTCATTAGCTGGAATTTTCATCTATTT  
TAGGAGCTGTAAATTTTATTACCACTGAATTAATATACGATGAGTTGGAATTACATTTGATCGAATACCTCTATTTGTTATGATCAGTTGTAATTA  
CAGCTTTATTACTACTTTTATCTTACCTGTTTTAGCTGGAGCTATTACAATATTATTAACAGATCGAAATTTAAACACTTCTTTCTTTGACCCAG  
CTGGA

### CPL 2214 Tamaño 580 pb

ACATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTGGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGC  
TTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATGCCTATTATAAATTGGTGGATTTGGTAATTGATTAGTACCCTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTTC  
CCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCAGCTTTAACTTTATTACTAGTAAGAAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTG  
AACTGTTTACCCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTTCTCTCTTCATCTTGAGGTATTTCTCTAT  
TTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACTGTGATTAAACATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCCGTAGTTAT  
TACAGCTTTATTATTACTTTTATCTTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGATCCT  
GCAG

### CPL 2215 Tamaño 580 pb

TTCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCCGAAGTACCTGGAGCTTTAATTGGTGATGACCAAATTTATAATGTAATTGTAACAGCCCATGCTT  
TTATTATAATTTTTTTTATAGTAATACCTATTATAAATTGGTGGATTTGGAAATTTGATTAGTCCCTTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTTC  
ACGAATAAATAATATAAGTTTTGATTACTACCACCAGCTTTGACTTTATTATTGGTAAGTAGTATAGTGAAAAACGGAGCTGGAACAGGTTGAA  
CTGTTTATCCTCCTCTATCTTCTAATATTGCTCATGGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTTCTCTCCACTTAGCTGGAATTTTCATCAATTT  
TAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACGGTAATTAATATACGATCAACTGGAATTACATTTGATCGAATGCCATTATTTGTTGATCTGTTGTAATTA  
CAGCTTTATTATTATTACTTTCACTCCCTGTTTTAGCTGGTGCAATTACTATACTATTAACAGACCGAAATTTAAATACCTCATTTTTTGACCCGG  
CAGGA

### CPL 2216 Tamaño 580 pb

GAACATCTTTAAGTATTTTAATTCGAGCTGAATTAGGACACCCCTGGAGCATTAAATTGGAGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTTATACCTATTATAAATTGGAGGTTTTGGAAATTTGGTTAGTTCCCTTTAATACTAGGAGCTCCTGATATAGCTT  
TTCTCGAATAAATAATATAAGTTTTCTGATTATTACCACCTGCCTTTAACTTTACTACTTTAAGTAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGTACTGGT  
TGAAGTGTACCCTCCACTTTTCATCTAATATTGCTCACGGAGGAGCTTCAGTAGATTAGCAATTTTTCTTTACATCTTGACAGGAATTTTCATC  
TATTTTAGGTGCTGTAAATTTTATTACTACTGTTATTAATATACGATCTACTGGTATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTAGTA  
ATTACTGCATTATTACTACTATTATCTTTACCAGTACTAGCTGGAGCTATTACAATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACATCATTTTTTGAC  
CCTGC

### CPL 2217 Tamaño 580 pb

GTACTTCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCCGAAGTACCTGGAGCTTTAATTGGTGATGACCAAATTTATAATGTAATTGTAACAGCCCAT  
GCTTTTATTATAATTTTTTTTATAGTAATACCTATTATAAATTGGTGGATTTGGAAATTTGATTAGTTCCCTTTAATAATTAGGAGCTCCTGATATAGCAT  
TTCCACGAATAAATAATATAAGTTTTGATTACTACCACCAGCTTTGACTTTATTATTGGTAAGTAGTATAGTGAAAAACGGAGCTGGAACAGGT  
TGAAGTGTATTCTCCTCTATCTTCTAATATTGCTCATGGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTTCTCTCTACTAGCTGGAATTTTCATCA  
ATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACGGTAATTAATATACGATCAACTGGAATTACATTTGATCGAATGCCATTATTTGTTTGATCTGTTGTA  
ATTACAGCTTTATTATTATTACTTTCACTCCCTGTTTTAGCTGGTGCAATTACTATACTATTAACAGACCGAAATTTAAATACCTCATTTTTTGAC  
CCGGC

### CPL 2298 Tamaño 558 pb

GCTGAATTAGGACACCCCTGGAGCATTAAATTGGAGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCTTTTATTATAATTTTTTTTATAGTT  
ATACCTATTATAATTTGGAGGTTTTGGAAATTTGGTTAGTTCCCTTTAATACTAGGAGCTCCTGATATAGCTTTTCTCGAATAAATAATATAAGTTTC  
TGATTATTACCACCTGCTTTAACTTTACTACTTTAAGTAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGTACTGGTTGAACTGTTTACCCCTCCACTTTTCATC  
TAATATTGCTCACGGAGGAGCTTCAGTAGATTTAGCAATTTTTCTTTACATCTTGACAGGAATTTTCATCTATTTTAGGTGCTGTAAATTTTATTAC  
TACTGTTATTAATATACGATCTACTGGTATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTAGTAATTACTGCATTATTACTACTATTATCT  
TTACCAGTACTAGCTGGAGCTATTACAATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACATCATTTTTTTGACCCCTGCAGGA

### CPL 2299 Tamaño 561 pb

CGAGCTGAATTAGGACACCCCTGGAGCATTAAATTGGAGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCTTTTATTATAATTTTTTTTATA  
GTTATACCTATTATAAATTGGAGGTTTTGGAAATTTGGTTAGTTCCCTTTAATACTAGGAGCTCCTGATATAGCTTTTCTCGAATAAATAATATAAGT  
TTCTGATTATTACCACCTGCTTTAACTTTACTACTTTAAGTAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGTACTGGTTGAACTGTTTACCCCTCCACTTTTC  
ATCTAATATTGCTCACGGAGGAGCTTCAGTAGATTTAGCAATTTTTCTTTACATCTTGACAGGAATTTTCATCTATTTTAGGTGCTGTAAATTTTATT  
TACTACTGTTTATTAATATACGATCTACTGGTATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTAGTAATTACTGCATTATTACTACTATTA  
TCTTTACCAGTACTAGCTGGAGCTATTACAATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACATCATTTTTTTGACCCCTGCAGGA

### CPL 2300 Tamaño 580 pb

CTTCTTAAGTATTTTAATTCGAGCTGAATTAGGTCACCCAGGAGCATTGATTGGTGATGATCAAATTTATAATGTTATTGTAACAGCTCATGCT  
TTTATTATAATTTTTTTTATAGTTATGCCAATTATAAATTGGAGGTTTTGGAAATTTGATTAGTTCCCTTAATATTGGGAGCCCGAGATATAGCTTTT

CCACGAATAAACAAATATAAGTTTTGATTATTGCCCCAGCTTTAACTTTACTTTTAGTCAGCAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGTACAGGTT  
GAACCGTTTACCCACCTTTATCCTCAAACATTGCACATGGAGGAGCTTCTGTAGATCTAGCAATTTTTCTCTTCATTTAGCCGGTATTTCTTCT  
ATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACAGTAATTAATATACGAGCAATTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTATGATCGGTTGTA  
ATTACAGCTTTATTATTACTTTTATCCTTACCTGTTTTAGCTGGAGCTATTACAATATTATTAACCTGATCGAAATTTAAATACCTCTTTCTTTGACC  
CAGCCGG

#### CPL 2301 Tamaño 580 pb

TTGCTTAAGTATTTTAATTCGAGCTGAATTAGGTCACCCAGGAGCATTGATTGGTGATGATCAAAATTATAATGTTATTGTAACAGCTCATGCTT  
TTATTATAATTTTTTTATAGTTATGCCAATTATAATTGGAGGTTTTGGAATTGATTAGTTCCCTTAATATTGGGAGCCCCAGATATAGCTTTTC  
CACGAATAAACAAATATAAGTTTTGATTATTGCCCCAGCTTTAACTTTACTTTTAGTCAGCAGTATAGTAGAAAAACGGAGCTGGTACAGGTTG  
AACCGTTTACCCACCTTTATCCTCAAACATTGCACATGGAGGAGCTTCTGTAGATCTAGCAATTTTTCTCTTCATTTAGCCGGTATTTCTTCTA  
TTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACAGTAATTAATATACGAGCAATTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTATGATCGGTTGTA  
TTACAGCTTTATTATTACTTTTATCCTTACCTGTTTTAGCTGGAGCTATTACAATATTATTAACCTGATCGAAATTTAAATACCTCTTTCTTTGACCC  
AGCCGGA

#### CPL 2302 Tamaño 531 pb

TTGGTGACGATCAAAATTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCTATTATAATTGGTGGATTTGGTAA  
TTGATTAGTACCTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTCCCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCCCCAGCTTTAACTCTATT  
ACTAGTAAGTAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGAACTGTTTACCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTT  
GATTTAGCAATTTCTCTCTTCATCTTGCAGGTATTTTCATCTATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACCTGTAATTAATATACGTTCTACTGGA  
ATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTGATCAGTAGTTATTACAGCTTTATTATTACTTTTATCTTTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTA  
TATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGATCCTGCAGGA

#### CPL 2303 Tamaño 504 pb

TTGTTACAGCTCATGCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCTATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGATTAGTACCCTTAATATTAGGAGC  
TCCTGATATAGCATTCCCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCCCCAGCTTTAACTCTATTACTAGTAAGTAGTATAGTAGAAAAATGG  
AGCTGGTACTGGTTGAACTGTTTACCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTCTTCATCTTG  
CAGGTATTTTCATCTATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACCTGTAATTAATATACGTTCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGT  
TTGATCAGTAGTTATTACAGCTTTATTATTACTTTTATCTTTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACT  
TCATTCTTTGATCCTGCAGGAG

#### CPL 2304 Tamaño 580 pb

TCCCTAAGAATTTTAATTCGAGCTGAACCTGGACATCCTGGAGCTTTAATTGGAGATGATCAAAATTATAATGTAATTGTAACAGCTCACGCTTT  
TATTATAATTTTTTTATAGTAATACCAATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGACTTGTTCCTTTAATATTAGGAGCACCAGATATGGCTTTCCC  
TCGAATAAATAATATAAGCTTCTGATTACTTCTCCTGCTCTATCTTTACTTTTAGTGAGCAGAATAGTTGAAAACGGAGCTGGTACTGGTTGAA  
CTGTTTACCCTCCTCTGTCTATCTAACATTGCACATGGAGGAGCATCGGTTGACTTAGCAATTTTCTCTCTTCATTTAGCAGGAATTTCTCTATT  
TTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACAGTAATTAATATACGATCTACAGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTTGTAATT  
ACTGCTCTATTACTTTTATTATCTCTACCTGTATTAGCTGGCGCAATTACTATATTATTAACAGACCGAAATTTAAATACCTCTTTCTTTGACCCA  
GCAGGAG

#### CPL 2305 Tamaño 579 pb

TCCCTAAGAATTTTAATTCGAGCTGAACCTGGACATCCTGGAGCTTTAATTGGAGATGATCAAAATTATAATGTAATTGTAACAGCTCACGCTTT  
TATTATAATTTTTTTATAGTAATACCAATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGACTTGTTCCTTTAATATTAGGAGCACCAGATATGGCTTTCCC  
TCGAATAAATAATATAAGCTTCTGATTACTTCTCCTGCTCTATCTTTACTTTTAGTGAGCAGAATAGTTGAAAACGGAGCTGGTACTGGTTGAA  
CTGTTTACCCTCCTCTGTCTATCTAACATTGCACATGGAGGAGCATCGGTTGACTTAGCAATTTTCTCTCTTCATTTAGCAGGAATTTCTCTATT  
TTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACAGTAATTAACATACGATCTACAGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTTGTAATT  
ACTGCTCTATTACTTTTATTATCTCTACCTGTATTAGCTGGCGCAATTACTATACTATTAACAGACCGAAATTTAAATACCTCTTTCTTTGACCCA  
GCAGGAG

#### CPL 2306 Tamaño 580 pb

ATCCCTAAGAATTTTAATTCGAGCTGAACCTGGACATCCTGGAGCTTTAATTGGAGATGATCAAAATTATAATGTAATTGTAACAGCTCACGCTT  
TTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCAATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGACTTGTTCCTTTAATATTAGGAGCACCAGATATGGCTTTCCC  
CTCGAATAAATAATATAAGCTTCTGATTACTTCTCCTGCTCTATCTTTACTTTTAGTGAGCAGAATAGTTGAAAACGGAGCTGGTACTGGTTGA  
ACTGTTTACCCTCCTCTGTCTATCTAACATTGCACATGGAGGAGCATCGGTTGACTTAGCAATTTTCTCTCTTCATTTAGCAGGAATTTCTCTAT  
TTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACAGTAATTAATATACGATCTACAGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTTGTAATT  
ACTGCTCTATTACTTTTATTATCTCTACCTGTATTAGCTGGCGCAATTACTATACTATTAACAGACCGAAATTTAAATACCTCTTTCTTTGACCCA  
GCAGGA

#### CPL 2307 Tamaño 580 pb

TCCCTAAGAATTTTAATTCGAGCTGAACCTGGACATCCTGGAGCTTTAATTGGAGATGATCAAAATTATAATGTAATTGTAACAGCTCACGCTTT  
TATTATAATTTTTTTATAGTAATACCAATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTGACTTGTTCCTTTAATATTAGGAGCACCAGATATGGCTTTCCC  
TCGAATAAATAATATAAGCTTCTGATTACTTCTCCTGCTCTATCTTTACTTTTAGTGAGCAGAATAGTTGAAAACGGAGCTGGTACTGGTTGAA  
CTGTTTACCCTCCTCTGTCTATCTAACATTGCACATGGAGGAGCATCGGTTGACTTAGCAATTTTCTCTCTTCATTTAGCAGGAATTTCTCTATT  
TTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACAGTAATTAACATACGATCTACAGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTTGTAATT  
ACTGCTCTATTACTTTTATTATCTCTACCTGTATTAGCTGGCGCAATTACTATACTATTAACAGACCGAAATTTAAATACCTCTTTCTTTGACCCA  
GCAGGAG

#### CPL 2309 Tamaño 529 pb

CTTCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCCGAACCTAGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGATGACCAAAATTTATAATGTAATTGTAACAGCCCATGCT  
TTTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCTATTATAATTGGTGGATTTGGAATTTGACTTGTTCCTTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTTTC  
CACGAATAAATAATATAAGTTTTGATTACTACCCCCAGCTTTGACTTTATTATTGGTAAGTAGTATAGTGGAACCGGAGCTGGAACAGGTTG  
AACTGTTTATCCTCCTCTATCTTCTAATATTGCTCATGGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTTCATTTAGCTGGAATTTTCATCAAT  
TTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACGTAATTAATATACGATCAACTGGAATTACATTTGATCGAATGCCATTATTTGTTTGATCTGTTGTAATT  
TACAGCTTTATTATTACTTTTACTCCCTGTTTTAGCTGGTGCAATTAC

#### CPL 2311 Tamaño 580 pb

CATCTTTAAGAATTTTAATTCGAGCTGAACCTGGACATCCTGGAGCTTTAATCGGAGATGATCAAAATTACAATGTAATTGTAACAGCTCATGCT  
TTTATTATAATTTTTTTATAGTAATACCAATTATAATTGGTGGATTTGGTAATTTGACTTGTTCCTTTAATATTAGGAGCACCAGATATGGCTTTTC  
CCACGAATAAACAATATAAGTTTTCTGATTACTTCTCCTGCTTTATCTTTACTTTTAGTGAGTAGAATAGTTGAAAACGGAGCTGGTACCGGTTG  
AACTGTTTACCCCCCTCTGTCTATCTAACATCGCTCATGGAGGAGCATCGGTTGACTTAGCAATTTTCTCTCTTCATTTAGCAGGAATTTCTCTCA

TTTTAGGAGCTGTAAATTTTATCACACAGTAATTAATATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTTGTAA  
TTACTGCCCTATTACTTTTATTATCTCTACCTGTATTAGCGGGTGCAATTACTATATTATTAACAGATCGAAATTTAAATACTCTTTCTTTGACC  
CAGCAGG

**CPL 2312 Tamaño 581 pb**

ATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTGGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCTT  
TTATTATAATTTTTTTTATAGTAATGCCTATTATAATTGGTGGATTGGTAATTGATTAGTACCTCTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTTC  
TCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCAGCTTTAACTTTATTACTAGTAAGAAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGAA  
CTGTTTACCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTTTCATCTTGCAGGTATTTCTCTATT  
TAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACGTGTGATTAACATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCCGTAGTTATTA  
CAGCTTTATTATTACTTTTATCTCTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGATCCTG  
CAGGAG

**CPL 2313 Tamaño 580 pb**

ATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTAGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGACGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCTT  
TTATTATAATTTTTTTTATAGTAATACCTATTATAATTGGTGGATTGGTAATTGATTAGTACCTTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTCCC  
TCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCCCCAGCTTTAACTCTATTACTAGTAAGTAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGAA  
CTGTTTACCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTTTCATCTTGCAGGTATTTCTCTATT  
TAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACGTGAATTAATATACGTTCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCAGTAGTTATTA  
CAGCTTTATTATTACTTTTATCTTTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGATCCTGC  
AGGA

**CPL 2314 Tamaño 580 pb**

TCCTTTAAGTATCCTAATTCGAGCTGAATTAGGACATCCAGGGGCTTTAATTGGAGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCAGGCAT  
CATTATAATTTTTTTTATAGTTATACCTATTATAATTGGTGGATTGGAAATTTGATTAGTTCCCTTTAATATTAGGAGCTCCAGATATAGCTTTCCCA  
CGAATGAACAATATAAGTTTTGACTTTTACCACCAGCATTAACCTCTATTACTGGTAAGTTCTATGGTCGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGAA  
CTGTTTACCACCTTTTATCTTCTAACATTGCCCATAGAGGAGCTTCTGTTGACCTAGCAATTTTTCCCTTCATTAGCAGGAATTTCTATCTATT  
TAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACTGTTATTAATATACGATCAACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTAGTAATTA  
CAGCTTTATTACTTCTTTTATCTCTACCCGTAAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACGATCGAAATTTAAATACTTCATTTTTTGACCCAG  
CTGGAG

**CPL 2315 Tamaño 580 pb**

TTCTTTAAGTATCCTAATTCGAGCTGAATTAGGACATCCAGGGGCTTTAATTGGAGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCAGGCAT  
TCATTATAATTTTTTTTATAGTTATACCTATTATAATTGGTGGATTGGAAATTTGATTAGTTCCCTTTAATATTAGGAGCTCCAGATATAGCTTTCCCA  
ACGAATGAACAATATAAGTTTTGACTTTTACCACCAGCATTAACCTCTATTACTGGTAAGTTCTATGGTCGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGA  
ACTGTTTACCACCTTTTATCTTCTAACATTGCCCATAGAGGAGCTTCTGTTGACCTAGCAATTTTTCCCTTCATTAGCAGGAATTTCTATCTAT  
TTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACTACTGTTATTAATATACGATCAACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCTGTAGTAATT  
ACAGCTTTATTACTTCTTTTATCTCTACCCGTAAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACGATCGAAATTTAAATACTTCATTTTTTGACCCA  
GCTGGA

**CPL 2316 Tamaño 527 pb**

GTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCTTTTATTATAATTTTTTTTATAGTAATGCCTATTATAATTGGTGGATTGGTAATTG  
ATTAGTACCTCTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTTCCCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCAGCTTTAACTTTATTACT  
AGTAAGAAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGAAGCTGTTTACCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGAT  
TTAGCAATTTTTCTCTCTTCATCTTGCAGGTATTTCCCTCTATTTTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACGTGATTAAACATACGATCTACTGGAATT  
ACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCCGTAGTTATTACAGCTTTATTATTACTTTTATCTCTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATAT  
TATTAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGATCCTGCAGGA

**CPL 2317 Tamaño 582 pb**

CATCTTTAAGTATTCTAATTCGAGCTGAATTGGGTCATCCTGGAGCTTTAATTGGTGATGATCAAATTTATAATGTAATTGTTACAGCTCATGCT  
TTTATTATAATTTTTTTTATAGTAATGCCTATTATAATTGGTGGATTGGTAATTGATTAGTACCTCTAATATTAGGAGCTCCTGATATAGCATTTC  
CTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCAGCTTTAACTTTATTACTAGTAAGAAGTATAGTAGAAAAATGGAGCTGGTACTGGTTGA  
ACTGTTTACCCTCCACTTTTCATCTAACATTGCTCATAGAGGAGCTTCAGTTGATTAGCAATTTTCTCTTTCATCTTGCAGGTATTTCCCTCTATT  
TTAGGAGCTGTAAATTTTATTACAACGTGTGATTAACATACGATCTACTGGAATTACATTTGATCGAATACCTTTATTTGTTTGATCCGTAGTTATT  
ACAGCTTTATTATTACTTTTATCTCTACCAGTATTAGCTGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGAAATCTTAATACCTCATTCTTTGATCCT  
GCAGG

## ANEXO 7. DISTANCIAS GENÉTICAS ENTRE INDIVIDUOS

Las celdas en color magenta indican los valores de desviación estándar.

| INDIVIDUO      | F. canicularis | CPL 2214 | CPL 2312 | CPL 2316 | CPL 2317 | F. latipalpis | CPL 2298 | CPL 2299 | CPL 2216 | Fanniidae sp. | CPL 2217 | CPL 2215 | CPL 2309 | Fannia sp. MG | CPL 2212 | CPL 2303 | CPL 2302 | CPL 2313 | Fannia sp. KY | CPL 2213 | CPL 2300 | CPL 2301 | F. pusio | CPL 2306 | CPL 2305 | CPL 2307 | CPL 2304 | CPL 2311 | F. umbrosa | CPL 2315 | CPL 2314 |
|----------------|----------------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|
| F. canicularis |                | 0.002    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.018         | 0.027    | 0.026    | 0.026    | 0.033         | 0.034    | 0.034    | 0.033    | 0.006         | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.040         | 0.043    | 0.041    | 0.041    | 0.035    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.039    | 0.029      | 0.035    | 0.034    |
| CPL2214        | 0.002          |          | 0.002    | 0.002    | 0.002    | 0.018         | 0.026    | 0.026    | 0.025    | 0.032         | 0.033    | 0.033    | 0.032    | 0.006         | 0.008    | 0.009    | 0.009    | 0.008    | 0.039         | 0.042    | 0.042    | 0.042    | 0.034    | 0.038    | 0.037    | 0.037    | 0.037    | 0.039    | 0.028      | 0.034    | 0.034    |
| CPL2312        | 0.000          | 0.002    |          | 0.000    | 0.000    | 0.018         | 0.027    | 0.026    | 0.026    | 0.033         | 0.033    | 0.034    | 0.033    | 0.006         | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.039         | 0.043    | 0.041    | 0.041    | 0.035    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.039    | 0.029      | 0.035    | 0.034    |
| CPL2316        | 0.000          | 0.002    | 0.000    |          | 0.000    | 0.018         | 0.026    | 0.026    | 0.026    | 0.036         | 0.035    | 0.036    | 0.035    | 0.006         | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.038         | 0.042    | 0.041    | 0.041    | 0.036    | 0.039    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.041    | 0.028      | 0.035    | 0.035    |
| CPL2317        | 0.000          | 0.002    | 0.000    | 0.000    |          | 0.018         | 0.027    | 0.027    | 0.026    | 0.033         | 0.033    | 0.034    | 0.033    | 0.006         | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.009    | 0.040         | 0.043    | 0.041    | 0.041    | 0.035    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.039    | 0.029      | 0.035    | 0.034    |
| F. latipalpis  | 0.072          | 0.069    | 0.071    | 0.069    | 0.071    |               | 0.020    | 0.020    | 0.019    | 0.031         | 0.034    | 0.034    | 0.034    | 0.016         | 0.016    | 0.016    | 0.016    | 0.016    | 0.039         | 0.037    | 0.037    | 0.037    | 0.035    | 0.039    | 0.039    | 0.039    | 0.038    | 0.038    | 0.029      | 0.034    | 0.033    |
| CPL2298        | 0.105          | 0.103    | 0.105    | 0.102    | 0.106    | 0.077         |          | 0.000    | 0.000    | 0.037         | 0.039    | 0.039    | 0.040    | 0.023         | 0.025    | 0.025    | 0.025    | 0.025    | 0.040         | 0.040    | 0.043    | 0.043    | 0.041    | 0.041    | 0.042    | 0.042    | 0.041    | 0.044    | 0.026      | 0.036    | 0.036    |
| CPL2299        | 0.105          | 0.103    | 0.105    | 0.102    | 0.105    | 0.077         | 0.000    |          | 0.000    | 0.036         | 0.039    | 0.039    | 0.040    | 0.023         | 0.025    | 0.025    | 0.025    | 0.025    | 0.039         | 0.040    | 0.043    | 0.043    | 0.040    | 0.041    | 0.041    | 0.041    | 0.040    | 0.044    | 0.026      | 0.035    | 0.035    |
| CPL2216        | 0.105          | 0.101    | 0.104    | 0.103    | 0.103    | 0.074         | 0.000    | 0.000    |          | 0.036         | 0.039    | 0.039    | 0.039    | 0.023         | 0.025    | 0.026    | 0.025    | 0.025    | 0.040         | 0.039    | 0.042    | 0.042    | 0.039    | 0.041    | 0.042    | 0.042    | 0.041    | 0.042    | 0.026      | 0.035    | 0.034    |
| Fanniidae sp   | 0.131          | 0.127    | 0.129    | 0.140    | 0.130    | 0.123         | 0.143    | 0.142    | 0.144    |               | 0.010    | 0.010    | 0.009    | 0.028         | 0.030    | 0.034    | 0.033    | 0.030    | 0.028         | 0.031    | 0.036    | 0.036    | 0.034    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.037    | 0.036    | 0.024      | 0.034    | 0.034    |
| CPL2217        | 0.138          | 0.133    | 0.136    | 0.142    | 0.136    | 0.138         | 0.158    | 0.156    | 0.157    | 0.034         |          | 0.002    | 0.002    | 0.030         | 0.033    | 0.037    | 0.035    | 0.033    | 0.030         | 0.037    | 0.039    | 0.039    | 0.035    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.039    | 0.025      | 0.036    | 0.036    |
| CPL2215        | 0.137          | 0.136    | 0.137    | 0.143    | 0.138    | 0.138         | 0.156    | 0.155    | 0.155    | 0.036         | 0.002    |          | 0.002    | 0.030         | 0.033    | 0.037    | 0.035    | 0.033    | 0.031         | 0.037    | 0.040    | 0.040    | 0.035    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.038    | 0.039    | 0.025      | 0.037    | 0.037    |
| CPL2309        | 0.132          | 0.129    | 0.132    | 0.138    | 0.132    | 0.136         | 0.158    | 0.157    | 0.155    | 0.029         | 0.002    | 0.004    |          | 0.029         | 0.031    | 0.035    | 0.033    | 0.031    | 0.031         | 0.036    | 0.038    | 0.038    | 0.035    | 0.039    | 0.039    | 0.039    | 0.039    | 0.040    | 0.024      | 0.037    | 0.038    |
| Fannia sp. MG  | 0.017          | 0.016    | 0.018    | 0.017    | 0.018    | 0.062         | 0.089    | 0.088    | 0.089    | 0.110         | 0.120    | 0.120    | 0.115    |               | 0.006    | 0.007    | 0.007    | 0.006    | 0.035         | 0.037    | 0.039    | 0.039    | 0.034    | 0.036    | 0.036    | 0.036    | 0.035    | 0.037    | 0.025      | 0.031    | 0.031    |
| CPL2212        | 0.029          | 0.027    | 0.029    | 0.030    | 0.029    | 0.060         | 0.100    | 0.100    | 0.099    | 0.120         | 0.135    | 0.136    | 0.126    | 0.019         |          | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.038         | 0.039    | 0.041    | 0.041    | 0.035    | 0.038    | 0.039    | 0.039    | 0.038    | 0.039    | 0.026      | 0.032    | 0.031    |
| CPL2303        | 0.029          | 0.027    | 0.029    | 0.029    | 0.029    | 0.058         | 0.100    | 0.100    | 0.100    | 0.136         | 0.147    | 0.148    | 0.137    | 0.020         | 0.000    |          | 0.000    | 0.000    | 0.040         | 0.040    | 0.043    | 0.043    | 0.037    | 0.040    | 0.040    | 0.040    | 0.039    | 0.040    | 0.027      | 0.033    | 0.033    |
| CPL2302        | 0.029          | 0.027    | 0.029    | 0.030    | 0.029    | 0.060         | 0.098    | 0.098    | 0.099    | 0.130         | 0.142    | 0.143    | 0.133    | 0.021         | 0.000    | 0.000    |          | 0.000    | 0.037         | 0.039    | 0.041    | 0.041    | 0.036    | 0.038    | 0.039    | 0.039    | 0.038    | 0.040    | 0.026      | 0.032    | 0.032    |
| CPL2313        | 0.029          | 0.027    | 0.029    | 0.030    | 0.029    | 0.060         | 0.100    | 0.100    | 0.099    | 0.120         | 0.135    | 0.136    | 0.126    | 0.019         | 0.000    | 0.000    | 0.000    |          | 0.038         | 0.039    | 0.041    | 0.041    | 0.035    | 0.038    | 0.039    | 0.039    | 0.038    | 0.039    | 0.026      | 0.032    | 0.031    |
| Fannia sp. KY  | 0.159          | 0.155    | 0.157    | 0.149    | 0.158    | 0.155         | 0.156    | 0.155    | 0.159    | 0.114         | 0.122    | 0.127    | 0.125    | 0.141         | 0.156    | 0.157    | 0.149    | 0.156    |               | 0.025    | 0.027    | 0.027    | 0.036    | 0.034    | 0.033    | 0.033    | 0.033    | 0.036    | 0.028      | 0.033    | 0.033    |
| CPL2213        | 0.170          | 0.168    | 0.170    | 0.166    | 0.170    | 0.151         | 0.159    | 0.158    | 0.156    | 0.127         | 0.153    | 0.157    | 0.147    | 0.148         | 0.157    | 0.156    | 0.154    | 0.157    | 0.100         |          | 0.017    | 0.017    | 0.034    | 0.037    | 0.037    | 0.037    | 0.036    | 0.038    | 0.026      | 0.036    | 0.036    |
| CPL2300        | 0.163          | 0.166    | 0.164    | 0.160    | 0.163    | 0.147         | 0.170    | 0.169    | 0.165    | 0.144         | 0.160    | 0.165    | 0.152    | 0.156         | 0.161    | 0.165    | 0.159    | 0.161    | 0.109         | 0.066    |          | 0.000    | 0.041    | 0.042    | 0.041    | 0.041    | 0.041    | 0.044    | 0.028      | 0.037    | 0.037    |
| CPL2301        | 0.163          | 0.167    | 0.163    | 0.160    | 0.164    | 0.147         | 0.170    | 0.169    | 0.165    | 0.144         | 0.161    | 0.165    | 0.153    | 0.156         | 0.161    | 0.164    | 0.159    | 0.161    | 0.109         | 0.066    | 0.000    |          | 0.041    | 0.042    | 0.041    | 0.041    | 0.040    | 0.044    | 0.028      | 0.037    | 0.037    |
| F. pusio       | 0.142          | 0.138    | 0.140    | 0.144    | 0.141    | 0.139         | 0.162    | 0.161    | 0.158    | 0.142         | 0.149    | 0.148    | 0.144    | 0.135         | 0.141    | 0.146    | 0.143    | 0.141    | 0.145         | 0.141    | 0.167    | 0.167    |          | 0.011    | 0.012    | 0.012    | 0.011    | 0.011    | 0.036      | 0.041    | 0.040    |
| CPL2306        | 0.153          | 0.151    | 0.153    | 0.152    | 0.153    | 0.156         | 0.164    | 0.163    | 0.166    | 0.154         | 0.155    | 0.156    | 0.160    | 0.143         | 0.155    | 0.158    | 0.153    | 0.155    | 0.139         | 0.151    | 0.170    | 0.170    | 0.040    |          | 0.002    | 0.002    | 0.002    | 0.012    | 0.034      | 0.041    | 0.041    |
| CPL2305        | 0.151          | 0.149    | 0.151    | 0.150    | 0.151    | 0.159         | 0.167    | 0.166    | 0.168    | 0.154         | 0.154    | 0.155    | 0.160    | 0.145         | 0.158    | 0.160    | 0.156    | 0.158    | 0.134         | 0.150    | 0.170    | 0.169    | 0.042    | 0.002    |          | 0.000    | 0.002    | 0.013    | 0.033      | 0.041    | 0.041    |
| CPL2307        | 0.151          | 0.149    | 0.151    | 0.150    | 0.151    | 0.159         | 0.167    | 0.166    | 0.168    | 0.154         | 0.154    | 0.155    | 0.160    | 0.145         | 0.158    | 0.160    | 0.156    | 0.158    | 0.134         | 0.150    | 0.170    | 0.169    | 0.042    | 0.002    | 0.000    |          | 0.002    | 0.013    | 0.033      | 0.041    | 0.041    |
| CPL2304        | 0.151          | 0.149    | 0.151    | 0.150    | 0.151    | 0.154         | 0.162    | 0.161    | 0.164    | 0.149         | 0.154    | 0.155    | 0.157    | 0.141         | 0.153    | 0.155    | 0.151    | 0.153    | 0.134         | 0.146    | 0.165    | 0.165    | 0.038    | 0.002    | 0.003    | 0.003    |          | 0.012    | 0.033      | 0.040    | 0.040    |
| CPL2311        | 0.160          | 0.158    | 0.160    | 0.163    | 0.160    | 0.154         | 0.176    | 0.175    | 0.171    | 0.147         | 0.161    | 0.163    | 0.162    | 0.148         | 0.158    | 0.161    | 0.162    | 0.158    | 0.150         | 0.154    | 0.176    | 0.176    | 0.041    | 0.045    | 0.047    | 0.047    | 0.043    |          | 0.034      | 0.042    | 0.042    |
| F. umbrosa     | 0.116          | 0.112    | 0.114    | 0.109    | 0.114    | 0.115         | 0.104    | 0.103    | 0.104    | 0.094         | 0.099    | 0.102    | 0.095    | 0.097         | 0.104    | 0.103    | 0.100    | 0.104    | 0.113         | 0.106    | 0.111    | 0.111    | 0.142    | 0.136    | 0.135    | 0.135    | 0.131    | 0.138    |            | 0.024    | 0.024    |
| CPL2315        | 0.140          | 0.138    | 0.140    | 0.140    | 0.140    | 0.135         | 0.142    | 0.141    | 0.141    | 0.138         | 0.146    | 0.150    | 0.152    | 0.125         | 0.128    | 0.131    | 0.128    | 0.128    | 0.133         | 0.147    | 0.152    | 0.152    | 0.166    | 0.171    | 0.171    | 0.171    | 0.166    | 0.174    | 0.097      |          | 0.000    |
| CPL2314        | 0.137          | 0.136    | 0.137    | 0.140    | 0.138    | 0.132         | 0.142    | 0.141    | 0.138    | 0.138         | 0.147    | 0.151    | 0.152    | 0.123         | 0.125    | 0.131    | 0.128    | 0.125    | 0.133         | 0.147    | 0.152    | 0.152    | 0.165    | 0.169    | 0.171    | 0.171    | 0.166    | 0.171    | 0.097      | 0.000    |          |