

**COLONIZACIÓN, TABLAS DE VIDA Y PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y
POBLACIONALES DE *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (DIPTERA:
CALLIPHORIDAE), CEPA BOGOTÁ, BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.**

CINDY YORMARY PÉREZ TÉLLEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2015

COLONIZACIÓN, TABLAS DE VIDA Y PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y POBLACIONALES DE *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (DIPTERA: CALLIPHORIDAE), CEPA BOGOTÁ, BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

CINDY YORMARY PÉREZ TÉLLEZ

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE BIÓLOGA

DIRECTOR:

FELIO JESÚS BELLO GARCÍA Ph.D.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2015

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, Mauricio Amado Mateus y amigos

Cindy Yormary Pérez Téllez

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco al Ph.D. Felio Jesús Bello García, por brindarme la oportunidad de trabajar y aprender en el Laboratorio de Entomología Médica y Forense de la Universidad del Rosario.

A Alexandra Segura, por su apoyo y consejos durante el desarrollo del trabajo de grado.

Al Ph.D. José de Jesús Moreno Montoya, por su colaboración en los análisis estadísticos.

A la Universidad del Rosario, específicamente al FIUR por la financiación del proyecto.

AL Laboratorio de Entomología Médica y Forense de la Universidad del Rosario, por darme la oportunidad de hacer parte del grupo de investigación.

A mi familia por su apoyo incondicional, económico y su amor.

A Mauricio Amado Mateus, por su constante apoyo, amistad y amor.

A Adriana Carolina Peña Gamboa, Boris Rolando Ríos y Carlos Anibal Acosta, por sus consejos, apoyo incondicional y buena energía.

A cada una de las personas que colaboró con la realización del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
1. MARCO TEÓRICO	14
1.1. Familia Calliphoridae	14
1.1.1. Distribución.....	14
1.1.2 Importancia.....	14
1.1.3 Características morfológicas	15
1.1.4 Sistemática	16
1.2 Género <i>Calliphora</i> Robineau-Desvoidy 1830	16
1.2.1 Generalidades.....	16
1.3 Especie <i>Calliphora vicina</i>.....	17
1.3.1 Distribución.....	17
1.3.2 Biomodelo de estudio	17
1.3.3. Características morfológicas	18
1.3.4 Alimentación.....	20
1.3.5 Ciclo de vida.....	20
1.3.6 Antecedentes colonización	22
1.3.7 Colonización.....	23
1.4 Antecedentes tablas de vida.....	24
1.4.1. Tablas de vida.....	24
1.4.1.1 Tablas de vida vertical.....	25
1.4.1.2. Tablas de vida horizontal	26
1.5. Curvas de supervivencia.....	27
1.6 Parámetros reproductivos y poblacionales	28
1.6.1 Parámetros.....	29
1.6.1.1 Valor reproductivo (V_x):.....	29
1.6.1.2 Tasa neta de reproducción (R_0):	29
1.6.1.3 Tiempo generacional (T_0):.....	30
1.6.1.4 Tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m):.....	30
1.6.1.5 Tasa intrínseca de crecimiento natural (r):.....	30
1.6.1.6. Tasa finita de multiplicación (λ).....	31
1.7 Antecedentes de las dietas.....	31
1.7.1 Dietas	32
1.7.1.1. Clasificación de las dietas	32

1.7.1.1.1 Dieta artificiales	33
1.7.1.1.2 Dieta natural.....	33
2.1 Objetivo general	34
2.1.1 Objetivos específicos.....	34
3. METODOLOGÍA.....	35
3.1 Captura de especímenes de <i>C. vicina</i>	35
3.2 Establecimiento y mantenimiento de la colonia.....	35
3.3 Ciclo de vida	37
3.4 Tabla de vida vertical.....	42
3.5 Tabla de vida horizontal	42
3.6 Disección de hembras adultas	43
3.7 Análisis estadístico.....	44
4. RESULTADOS	45
4.1 Establecimiento y mantenimiento de la colonia.....	45
4.2 Ciclo de vida <i>C. vicina</i>	46
4.2.1. Descripción de los estados del desarrollo.....	48
4.2.1.1. Huevos.....	48
4.2.1.2. Primer estadio larval (LI).....	48
4.2.1.3. Segundo estadio larval (LII).....	49
4.2.1.4 Tercer estadio larval (LIII).....	50
4.2.1.5. Pupa.....	50
4.2.1.6. Adulto.....	51
4.3 Morfometría estadios inmaduros <i>C. vicina</i>	52
4.4 Morfometría fase adulto de <i>C. vicina</i>	53
4.5 Tabla de vida vertical y parámetros reproductivos y poblacionales.....	54
4.6 Tabla de vida horizontal y parámetros reproductivos y poblacionales	58
5. DISCUSIÓN	64
6. CONCLUSIONES.....	73
7. RECOMENDACIONES.....	75
8. DIVULGACIÓN	76
BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Larva III de <i>C. vicina</i>	18
Figura 6. Preparación dieta artificial Huevo-Leche en polvo	39
Figura 7. Preparación dieta artificial Hígado en polvo	40
Figura 9. Disección abdominal en hembras	43
Figura 10. Estadio huevo <i>C. vicina</i>	48
Figura 11. Primer estadio larval <i>C. vicina</i>	49
Figura 12. Segundo estadio larval <i>C. vicina</i>	49
EP: Espiráculo posterior, EA: Espiráculo anterior, EC: Esqueleto cefalofaríngeo	49
Figura 13. Tercer estadio larval <i>C. vicina</i>	50
Figura 14. Cambios en la coloración en diferentes tiempos para un grupo de pupas de <i>C. vicina</i> tomadas al azar.	51
Figura 16. Diferenciación de sexos en <i>C. vicina</i>	52
Figura 17. Curva de la esperanza de vida de <i>C. vicina</i>	56
.....	56
Figura 18. Curvas de supervivencia Tipo III	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes principales de la tabla de vida	26
Tabla 2. Composición y preparación de la dieta Huevo-Leche en polvo.....	38
Tabla 3. Composición y preparación de la dieta Hígado en polvo.....	39
Tabla 4. Unidad poblacional, supervivencia larval, supervivencia pupal y número de adultos en cada generación de <i>C. vicina</i> , en la dieta HL.....	45
Tabla 5. Unidad poblacional, supervivencia larval, supervivencia pupal y número de adultos en cada generación de <i>C. vicina</i> , en la dieta HP	46
Tabla 6. Unidad poblacional, supervivencia larval, supervivencia pupal y número de adultos en cada generación de <i>C. vicina</i> , en la dieta H.....	46
Tabla 7. Duración del ciclo de vida de <i>Calliphora vicina</i>	47
Tabla 8. Tamaño de los estadios inmaduros de <i>Calliphora vicina</i>	53
Tabla 9. Tamaño de la fase adulto	54
Tabla 10. Tabla de vida vertical de <i>C. vicina</i>	55
Tabla 11. Parámetros reproductivos y poblacionales de <i>C. vicina</i> , obtenidos a partir de la tabla de vida vertical con especímenes hembras alimentadas con cada una de las dietas seleccionadas.	58
Tabla 12. Promedio de posturas y oviposición en <i>C. vicina</i>	59
Tabla 13. Tabla de vida horizontal de <i>C. vicina</i> , obtenida a partir de hembras alimentadas con la dieta H bajo condiciones de laboratorio.....	59
Tabla 14. Tabla de vida horizontal de <i>C. vicina</i> , obtenida a partir de hembras alimentadas con la dieta HL bajo condiciones de laboratorio.	61
Tabla 15. Parámetros reproductivos y poblacionales de <i>C. vicina</i> , obtenidos a partir de las tablas de vida horizontal con especímenes hembras alimentadas con cada una de las dietas seleccionadas.	63

RESUMEN

TÍTULO: Colonización, tablas de vida y parámetros reproductivos y poblacionales de *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae), cepa Bogotá, bajo condiciones de laboratorio

AUTORES: PÉREZ TÉLLEZ, Cindy Yormary* **

PALABRAS CLAVES: *Calliphora vicina*, dieta, fecundidad, ciclo de vida, tablas de vida

Calliphora vicina Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae) es una mosca necrófaga de importancia médica y forense, la cual se encuentra distribuida en la región holártica así como en el neotrópico. Esta especie presenta un comportamiento sinantrópico. El objetivo del presente trabajo fue establecer el ciclo de vida, tablas de vida y parámetros reproductivos y poblacionales a partir de una colonia de *C. vicina*. Para tal fin, se colonizó la especie en el Laboratorio de Entomología Médica y Forense de la Universidad del Rosario, bajo condiciones controladas de temperatura (27°C), humedad relativa (70%) y fotoperiodo (12:12 luz/oscuridad). Se evaluó el ciclo biológico y se analizó la mortalidad, supervivencia, parámetros reproductivos y poblacionales de la especie, a partir de tablas de vida vertical y horizontal. El ciclo de vida de mayor duración correspondió a individuos alimentados con la dieta huevo-leche (HL) e hígado en polvo (HP) con un valor de $p= 0.005$. La tabla de vida vertical presentó un porcentaje de supervivencia similar en las dietas evaluadas: hígado de cerdo (H), huevo-leche en polvo (HL) e hígado en polvo (HP) ($p= 0.2.14$ H-HP y $p= 0.494$ H-HL). Los parámetros poblacionales, basados en la tabla de vida horizontal para H y HL, fueron: Tasa neta de reproducción (**Ro**) = 226 H y 465 HL Tiempo medio generacional (**Tc**) = 22.18 H, 47.15 HL, Tasa intrínseca de crecimiento natural poblacional (**rm**)= 0.24 H, 0.13 HL y Tasa finita de incremento poblacional (**λ**)= 1.27 H, 1.13 HL. Los resultados del presente estudio mostraron que los individuos alimentados con la dieta HL registraron mayor eficiencia en el mantenimiento de la colonia. Además, el uso de esta dieta en condiciones de laboratorio, podría evitar la presencia de especies microbianas oportunistas, el mal olor y la contaminación generados como consecuencia de la descomposición del hígado.

* Tesis de Grado

**Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. Director Felio Jesús Bello García. Doctor en Ciencias Biológicas.

ABSTRACT

TITLE: Colonization, life tables and population and reproductive parameters *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae), strain Bogotá, under laboratory conditions.

AUTHORS: PÉREZ TÉLLEZ, Cindy Yormary^{* **}

KEY WORDS: *Calliphora vicina*, diet, fecundity, life cycle, life tables

Calliphora vicina Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae) is a necrophagous blowfly of medical and forensic importance, which is distributed in holarctic region as well as in the neotropical zone. This species presents a synanthropic behavior. The objective of this work was to establish the life cycle, life tables, and both reproductive and population parameters from a colony of *C. vicina*. To this purpose, the species was colonized under controlled conditions of temperature (27 ° C), relative humidity (70%) and photoperiod (12:12 light/dark) in the Laboratory of Forensic and Medical Entomology at the Rosario University. The biological cycle from this species was evaluated; also its mortality, survival and reproductive and population parameters were analyzed from vertical and horizontal life tables. The life cycle of longer duration was found in individuals fed on both egg-milk (EM) and powder liver (PL) diets with a value of $p= 0.005$. On the other hand, a similar survival percentage was presented by the vertical life table, when it was evaluated with base in the following diets: pig liver (PL), egg-powdered milk (E-PM) and powder liver (PL) ($p= 0.2.14$ L-LP and $p= 0.494$ L-E-PM). The population parameters based on the horizontal life table for L and EM were: net reproduction rate (**Ro**) = 226 L y 465 EM generational medium time (**Tc**)= 22.18 L, 47.15 EM natural population intrinsic rate (**r_m**)= 0.24 L, 0.13 EM and finite population increase rate (**λ**)= 1.27 L, 1.13 EM. The results of this study showed that those individuals fed on the E-PM diet recorded the higher efficiency according to the maintaining the colony. Moreover, the use of this diet, under laboratory conditions, could avoid the presence of opportunistic microbial species, odor bad and pollution, which are generated as a consequence from a decomposing liver.

* Graduate thesis

**Science faculty, Departament of Biology. Director Felio Jesús Bello García. Doctor en Biological Science.

INTRODUCCIÓN

La especie *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae), se encuentra distribuida en la región Holártica y Neotropical [Aak *et al.*, 2011; Kosmann *et al.*, 2013]. Esta es considerada una especie altamente sinantrópica [Olea & Mariluis, 2013; Pinilla *et al.*, 2010], con hábitos alimenticios saprófagos y/o necrófagos, además usa este sustrato para la oviposición, de allí su importancia forense, en razón a que utiliza el recurso del cadáver para completar su ciclo biológico y consecuentemente se podrían generar las condiciones para determinar el intervalo post-mortem (PMI) con base en curvas de crecimiento y desarrollo de los estadios larvales. Por otro lado, esta especie también tiene importancia médica debido a que puede ser causante de miasis facultativa en vertebrados y además puede ser vector mecánico de patógenos [Delhaes *et al.*, 2001; Barratt *et al.*, 2001; Araghi *et al.*, 2015]. Sin embargo, esta especie ha sido empleada en terapia larval para curar heridas crónicas de difícil cicatrización, funciones para las cuales se usan especies de dípteros de la familia Calliphoridae [Bello *et al.*, 2005; Da Silva, 2006; Hoshino *et al.*, 2010].

Autores como Hayes *et al.*, [1999], Rueda *et al.*, [2010] y Pinilla *et al.*, [2013] realizaron estudios sobre colonización, ciclo de vida y establecimiento de parámetros reproductivos y poblacionales de algunas especies de la familia Calliphoridae, dichos estudios se han realizado considerando las diversas zonas biogeográficas, así como diferentes parámetros ambientales.

Recientemente fue publicado un estudio que describe el ciclo de vida y la tabla de vida vertical de *C. vicina* empleando una dieta natural y una dieta artificial bajo condiciones de laboratorio de 25°C [Dehkordi *et al.*, 2014]. Aunque en el presente trabajo se empleó la misma especie, éste se diferencia en las condiciones ambientales (27°C ± 4.5°C) y nutricionales empleadas para evaluar ciclo de vida, tablas de vida y los parámetros

reproductivos y poblacionales, además, se debe considerar que la especie evaluada corresponde a una cepa del nuevo mundo.

Las tablas de vida son una representación sistémica de la natalidad, fecundidad, mortalidad y supervivencia en una población [Aruna *et al.*, 2011; Rosa *et al.*, 2011]. En la presente investigación se evaluaron tres dietas, bajo condiciones de laboratorio, con el fin de establecer su influencia en el crecimiento poblacional a futuro de *C. vicina*, cepa Bogotá, con el propósito de conocer si la población es viable para realizar posteriores estudios, tales como el establecimiento de cultivos celulares, terapia larval, evaluación de las excreciones y secreciones de la especie, estudios forenses entre otros.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Calliphora vicina Robineau-Desvoidy, 1830, es una especie perteneciente a la familia Calliphoridae, ha sido empleada frecuentemente en estudios de intervalo postmortem y en menor periodicidad en estudios relacionados con la biología de dicha especie. Esta mosca ha sido criada bajo condiciones de laboratorio en Escocia, Inglaterra, Finlandia principalmente para ser usadas en entomología forense [Saunders & Hayward, 1998; Fremdt *et al.*, 2013].

Aunque recientemente, fue publicado un estudio relacionado con las características biológicas de *C. vicina*, cepa Terhán (viejo mundo) [Dehkordi *et al.*, 2014], no se han reportado en Colombia, ni Latinoamérica lo referente a su ciclo de vida, expectativa de vida, curva de sobrevivencia y parámetros reproductivos y poblacionales, proveniente de una cepa del nuevo mundo y menos aún una cepa nativa Colombiana. Con el presente proyecto, la información y los registros que se obtendrán relacionados con el éxito reproductivo y la supervivencia de la especie, serán de singular importancia para apoyar futuros estudios básicos y aplicados.

Debido a todo lo anterior, surge la pregunta de investigación siguiente: ¿Cuáles son los efectos de tres dietas diferentes en la biología de *C. vicina* y cuál favorece su desarrollo?

JUSTIFICACIÓN

Los estudios sobre especies pertenecientes a la familia Calliphoridae, han sido de gran importancia debido a sus implicaciones médicas, legales y sanitarias, pues son moscas que se encuentran atraídas por olores generados del material orgánico en descomposición. Como consecuencias, por un lado se presenta el desarrollo y crecimiento de microorganismos patógenos que causan enfermedades entéricas y por otro propician la oviposición en heridas de humanos o animales provocando la afección de tejidos y órganos, más conocida como miasis. Estas moscas no solo causan efectos perjudiciales; sino que también son usadas en varios países con fines terapéuticos por medio de la llamada terapia larval, la cual consiste en colocar larvas vivas sobre heridas necrosadas causadas por enfermedades como la diabetes, osteomielitis y úlceras varicosas.

Teniendo en cuenta que *C. vicina* es uno de los primeros organismos colonizadores de cadáveres, es usado actualmente en investigaciones forenses para la estimación del intervalo post-mortem; se cuenta con información valiosa de algunos aspectos de la biología de este insecto, hasta el momento hay pocos estudios que permitan conocer la duración del ciclo de vida y parámetros reproductivos poblacionales de esta especie. Por lo tanto, la realización de este estudio aportará información sobre el desarrollo biológico y poblacional, que podrán ser usados en investigaciones aplicadas como ensayos de susceptibilidad a infecciones por microorganismos, susceptibilidad a insecticidas, establecimiento de líneas celulares, estimación del intervalo post-mortem, capacidad y competencia vectorial, sistemática, genética, bionomía y terapia larval, siendo esta última tecnología utilizada como método alternativo para evitar amputaciones de miembros y mejorar la calidad de vida de las personas que padecen hoy en día úlceras crónicas de difícil cicatrización.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Familia Calliphoridae

1.1.1. Distribución

La familia Calliphoridae posee alrededor de 1000 especies en el mundo y 126 de ellas se registran sólo en el Neotrópico, está compuesta de cinco subfamilias: Calliphorinae, Luciliinae, Chrysomyinae, Melanomyinae y Mesembrinellinae las cuales, a su vez, pertenecen a la superfamilia Oestridae [Pape *et al.*, 2004]. La familia Calliphoridae se distribuye desde el extremo norte continental hasta las islas subantárticas, la mayor diversidad corresponde a la región afrotropical, siendo América del Sur la que posee menor diversidad específica [Trigo, 2006].

1.1.2 Importancia

Los especímenes de esta familia son los primeros en colonizar cuerpos en descomposición, por lo que además se les puede considerar como especies indicadoras de un estado específico de la descomposición, tal es el caso de la mosca *C. vicina*; las larvas y adultos son de gran utilidad puesto que permiten establecer el intervalo post-mortem, información de gran importancia para entomólogos forenses [Martínez *et al.*, 2007; Florez & Wolff, 2009; Aak *et al.*, 2011]. Por otro lado, son también importantes a nivel médico los estadios larvales de algunas especies en razón a que son usados en terapia larval o biocirugía, en esta actividad se colocan larvas vivas sobre tejidos afectados, las cuales se alimentan de las partes necrosadas, ayudando así a la curación de heridas infectadas. También, tienen importancia en medicina humana y veterinaria dado que las larvas causan miasis [Araghi *et al.*, 2015] y los adultos actúan como vectores mecánicos de determinados parásitos [Delhaes *et al.*, 2001], se ha registrado que *C. vicina* puede transmitir algunas especies de parásitos

como helmintos intestinales (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichura*, *Taenia* spp. y *Strongyloides stercoralis*) y algunas especies de protozoos (*Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* sp.) [Getachew *et al.*, 2007] o pueden participar en la difusión de los agentes causales de infecciones por especies micobacteriales como *Mycobacterium avium avium*, *Mycobacterium avium paratuberculosis* y *Mycobacterium avium hominissuis*, al igual que algunos virus patógenos como la enfermedad hemorrágica viral del conejo (RHDV) [Rognes, 1997; Fischer *et al.*, 2004; Szpila *et al.*, 2008; Barratt *et al.*, 2001]. Por otro lado, la asociación que tiene con el hombre al alimentarse de materiales en descomposición, como cadáveres de diferentes vertebrados y de basura, hacen que esta familia de moscas sea altamente sinantrópica [Figueroa & Linhares, 2002].

1.1.3 Características morfológicas

Todas las especies de esta familia presentan genas que pueden ser de color marrón, castaño oscuro, gris oscuro o negro, los machos se reconocen por presentar ojos holópticos o subholópticos, con la frente más estrecha que las hembras, dos setas notopleurales y una hilera de setas en el merón, la basicosta es de color amarilla, marrón pálida, marrón oscura o negra dependiendo la especie, las alas son hialinas o fuertemente ahumadas en la base, el calíptero inferior es oscuro con el margen blanco, y su longitud oscila entre 4 a 16 mm [McAlpine *et al.*, 1987; Amat & Wolff, 2008].

Las larvas se caracterizan por ser acéfalas, presentan esqueleto cefalofaríngeo que se puede identificar por la pigmentación oscura. Los escleritos anteriores presentan hendiduras en formas de branquias y el cuerpo está conformado por 12 segmentos, los espiráculos posteriores tienen una estructura en forma de anillo llamada peritrema, en larvas maduras esta estructura presenta 3 aberturas estigmáticas más o menos transversas [Flórez & Wolff, 2009].

1.1.4 Sistemática

La familia Calliphoridae debido a que contiene un gran número de especies endoparasíticas (miasis), tanto facultativas como obligadas, se considera de importancia en el proceso de la evolución en los linajes de parásitos obligados dentro de la superfamilia Oestroidea [Nirmala *et al.*, 2001]. Según Rognes [1997], ha sido difícil entender la posición filogenética de esta familia, pues no se comporta como un todo y, por lo tanto, no se ha podido establecer su monofilia. Algunos autores han realizado análisis filogenéticos basados en caracteres morfológicos, como por ejemplo, Lehrer (1970), Henning (1973), Griffiths (1982), McAlpine (1989) y Pape (1992), a su vez, otros como Narayanan *et al.*, [2010] y Szpila *et al.*, [2008] usaron técnicas moleculares; en conjunto todos los anteriores llegaron a la conclusión de considerar a la familia Calliphoridae como un grupo parafilético.

1.2 Género *Calliphora* Robineau-Desvoidy 1830

1.2.1 Generalidades

Se distribuye en todas las regiones geográficas, pero está ampliamente distribuida en la región holártica, australiana, neártica y neotropical. En la actualidad se reportan 13 especies neárticas [Whitworth, 2006]. Según Mariluis & Peris [1984], Whitworth [2012], Olea & Mariluis [2013], en la región neotropical habitan 6 especies: *C. vicina* Robineau-Desvoidy 1830, es una especie que se encuentra distribuida en Sudamérica y es altamente sinantrópica; *C. nigribasis* Macquart 1851, fue descrita en Colombia, pero se encuentra ampliamente distribuida; *C. irazuana* Townsend 1908, esta especie fue descrita en Costa Rica; *C. lopesi* Mello 1962 y Mariluis 1978, especie caracterizada en el sur de Brasil; *C. maestrica* Peris, González-Mora, Fernández & Peris 1998, descrita en Cuba y *C. trisetata* Whitworth 2012, se encuentra distribuida en Jamaica y República Dominicana.

El género *Calliphora* se caracteriza por presentar genas color marrón, naranja o negra, vena medial desnuda, márgenes superiores de los calípteros desnudas, calípteros inferiores setosos, sin setas cerca del escutelo, tórax gris mate con microtomentum blanquecino y abdomen generalmente de color azul con microtomentum más o menos blanquecino [Amat & Wolff, 2008; Whitworth, 2012].

1.3 Especie *Calliphora vicina*

1.3.1 Distribución

Se encuentra en toda la región holártica y neotropical, se ha reportado en países como Argentina, Uruguay, Brasil, Chile; en el sur de Tierra de fuego, Cuba, Panamá y Colombia [Aak *et al.*, 2011; Kosmann *et al.*, 2013]. En Colombia se distribuye en los departamentos de Casanare, Tolima, Santander, Caldas, Valle del Cauca, Meta y Cundinamarca, específicamente en la Sabana de Bogotá, en zonas ubicadas a 2500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) [Amat & Wolff, 2008; Camacho, 2005; Flórez & Wolff, 2009].

1.3.2 Biomodelo de estudio

Larvas y adultos de la especie *C. vicina* se han estudiado ampliamente en laboratorio, gracias al gran tamaño que alcanzan los adultos y a la facilidad de crianza tanto de los estadios inmaduros como adultos, lo cual ha permitido que sea un insecto adecuado no solo para investigaciones en el campo forense, sino también en estudios fisiológicos, del comportamiento y relacionados con biología de poblaciones. Aunque se ha generado conocimiento en algunos temas nombrados anteriormente, aún faltan estudios que permitan conocer el ciclo de vida, el comportamiento de adultos en el campo y la dinámica poblacional en distintos ambientes [Davies & Ratcliffe, 1994; Aak *et al.*, 2011].

1.3.3. Características morfológicas

La identificación taxonómica de las larvas de primer y segundo estadio resulta de gran dificultad, ya que sus caracteres taxonómicos son muy variables a medida que estas se van desarrollando, por tal razón, es recomendable realizar la identificación taxonómica de la especie empleando larvas de tercer estadio y adultos [Byrd & Castner 2009].

Las larvas de tercer estadio se identifican porque los segmentos del 2-9 presentan anillos de espinas completos, 10 espinas en la porción basal y segmentos 11-12 con anillos completos, las espinas tienen una pigmentación clara y son de una sola punta, espiráculos anteriores con 9 branquias y los espiráculos posteriores con peritrema grueso, completo y botón bien definido [Florez & Wolff, 2009] (Figura 1).

Figura 1. Larva III de *C. vicina*



La diagnosis de los adultos de *C. vicina* se basa en:

El primer segmento antenal o flagelómero notablemente largo

Gena marrón a castaño oscuro

Ambas caliptras son marrones, con algunas porciones menos pigmentadas, la caliptra superior con borde oscuro y pelos oscuros a los largo del borde, mientras que la caliptra inferior presenta el margen blanco.

Alas hialinas o levemente ahumadas en su base.

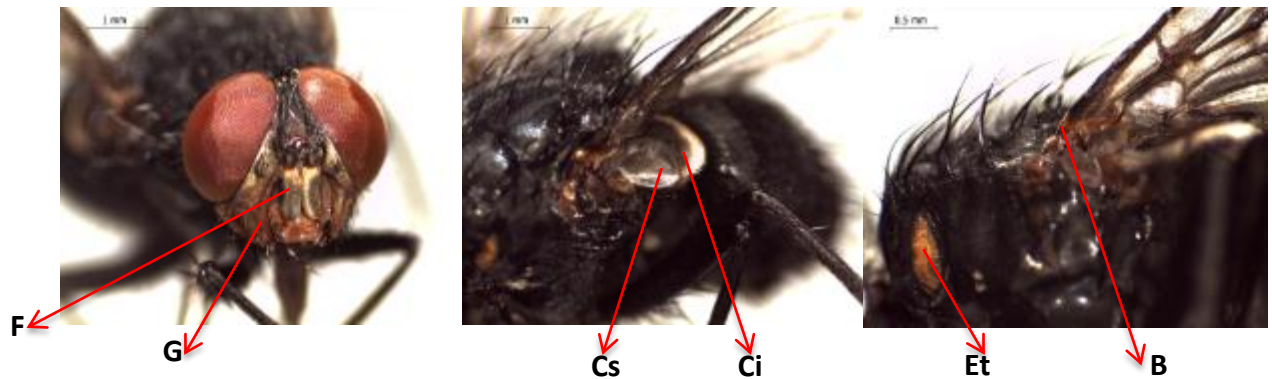
Basicosta amarilla a naranja, pero nunca negra.

Espiráculo torácico naranja [Amat *et al.*, 2008; Whitworth 2006] (Figura 2 y 3)

Figura 2. *Calliphora vicina*. Vista dorsal



Figura 3. Caracteres morfológicos de *C. vicina*.



F: Flagelómero; G: Genas; Cs: Caliptra superior; Ci: Caliptra inferior; Et: Espiráculo torácico; B: Basicosta.

1.3.4 Alimentación

Las larvas de *C. vicina* son de hábito necrófago o polífago y se desarrollan sobre materia orgánica en descomposición [Delhaes *et al.*, 2001], los adultos obtienen el recurso energético consumiendo alimentos ricos en azúcar como el néctar vegetal y el jugo de fruta madura y el suplemento proteico es extraído de cadáveres animales [Fischer *et al.*, 2004].

1.3.5 Ciclo de vida

Los dípteros son insectos holometábolos, es decir presentan una metamorfosis completa con cuatro fases de desarrollo: huevo (tiene una duración breve, éstos pueden ser ovipositados individualmente o en masa), larva (presenta 3 estadios larvales que se desarrollan en el mismo sitio, la duración del primer instar larval es de menor duración en relación con el último), pupa (puede variar su longitud, en la familia Calliphoridae éstas son tipo coarctata, es decir que el tegumento de la última muda

forman una envoltura llamada pupario que no deja ver las partes del cuerpo del insecto) y adulto [Courtney *et a.*, 2009].

Especies caliptradas como las de las familias: Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae, ovipositan cientos de huevos y su ciclo de vida puede completarse en unas cuantas semanas, sin embargo los procesos que corresponden a la duración y la longitud depende no solo de la especie sino también de la temperatura [Courtney *et a.*, 2009; Grimaldi & Engel, 2005].

El desarrollo post-embionario está controlado por tres centros endocrinos: cerebro, corpora allata y complejos cardiacos, la muda se inicia con señales adecuadas que permiten la liberación en el cerebro de la hormona protoracicotrópica (PTTH) que estimula la ecdisona o también llamada hormona de muda (MH), en la hemolinfa se convierte en su forma biológica activa 20-hidroxiecdisona que se encarga de iniciar procesos fisiológicos en el corpora allata y produce la hormona juvenil (JH), esta hormona junto con la ecdisona inician el proceso de desarrollo y muda del insecto [Gillott, 2005; Byrd & Castner, 2009].

El ciclo de vida se define como una historia de vida que incluye cambios ontogénicos en cuanto a la morfología, fisiología y comportamiento; por lo general se encuentra asociado con un cambio de hábitat, éstos cambios permiten que la especie ocupe dos nichos [Wilbur, 1980]. En el caso de moscas de la familia Calliphoridae el primer nicho se ocupa en su fase inmadura, las larvas dependen estrictamente de sustrato en descomposición para vivir y el segundo nicho estaría ocupado por los adultos, aunque tienen afinidad por la materia orgánica en descomposición también se alimentan de los azúcares de las plantas y no dependen del suelo para sobrevivir. El proceso de la metamorfosis genera cambios irreversibles en la apariencia y adaptación de las especies, en el caso de los insectos la etapa larval se caracteriza por ser de vida libre o parasitaria y se concentra sólo en tomar alimento para contribuir al crecimiento, cuando

llega a su fase adulta se distribuye o se dispersa y es este el momento donde ocurre la reproducción [Wilbur, 1980].

El análisis de las diferentes etapas del desarrollo del ciclo de vida y la colonización de especímenes bajo condiciones de laboratorio, genera material biológico, el cual se puede disponer para llevar a cabo investigaciones básicas y aplicadas con el objetivo de generar beneficios para el hombre, estas investigaciones se pueden dar en el campo forense y médico, funciones para las cuales son de gran ayuda especies de dípteros perteneciente a la familia Calliphoridae [Pinilla *et al.*, 2013]

1.3.6 Antecedentes colonización

La colonización en laboratorio se ha venido desarrollando en diversas especies y con fines de estudio diferentes: así por ejemplo, Kamal [1958], con especies de la familia Calliphoridae y Sarcophagidae estudió los mecanismos de adaptación y su influencia en la distribución y la densidad de población de las especies; Tashiro [1977], realizó un estudio de resistencia a insecticidas con la colonización de *Herpetogramma licarsisalis*; Carvalho [1996], estableció la colonia de *Chrysomya albiceps* a diferentes temperaturas con el fin de facilitar estudios en el campo forense; Bello *et al.*, [2005] establecieron una colonia de *Ochlerotatus taeniorhynchus* para estudiar el ciclo de vida; Williges *et al.*, [2008] colonizaron *Aedes japonicus japonicus* para estudios de capacidad vectorial; Mann & Kaufman [2009], estudiaron la técnica de succión de sangre a partir de una colonia de *Lutzomyia shannoni*, Gomes *et al.*, [2009], a partir de la colonia de *C. albiceps* y *Lucilia cuprina* realizaron estudios con el fin de entender cómo las condiciones ambientales pueden afectar el comportamiento y fisiología de los insectos; con esta colonia también generaron información para casos forenses; Hoshino *et al.*, [2010] realizaron estudios de bionomía a partir de una colonia de *A. japonicus japonicus*; Rueda *et al.*, [2010] construyeron tablas de vida y evaluaron dietas artificiales

con una colonia de *Lucilia sericata*; Firoozfar *et al.*, [2012], establecieron una colonia de *L. sericata* para implementarla a futuro en terapia larval y en tratamientos de miasis; Defilippo *et al.*, [2013], a partir de una colonia de *C. vicina* establecida a diferentes temperaturas, obtuvieron resultados sobre la duración de la pupa y su importancia en entomología forense y, finalmente, Pinilla *et al.*, [2013] estudiaron el ciclo reproductivo y parámetros poblacionales con una colonia de *Sarconesiopsis magellanica*.

1.3.7 Colonización

A partir de la colonización de una especie bajo condiciones de laboratorio, se puede estudiar el ciclo de vida de la especie de interés, así como la biología de los estadios inmaduros, longevidad de los adultos y otros parámetros. Esta información permite comprender la biología de los insectos vectores de enfermedades tropicales y también de aquellos insectos que son vectores pasivos o mecánicos de enfermedades parasitarias como la miasis [Samung *et al.*, 2006]. Con el material biológico producto de la colonización y disponible en el insectario, se pueden realizar estudios en diversas áreas como bionomía, sistemática, fisiología, genética, comportamiento, susceptibilidad a insecticidas, establecimiento de cultivos celulares y terapia larval [Da Silva, 2006; Mann & Kaufman, 2010; Hoshino *et al.*, 2010; Pinilla *et al.*, 2013].

Por otro lado, muchas de las especies que inician el proceso de colonización en el laboratorio no tienen gran éxito, debido a que se necesita mayor cuidado en los etapas tempranas del establecimiento y mantenimiento de la colonia; estos cuidados generalmente están relacionados con la adaptación a las nuevas condiciones ambientales, físicas y nutricionales adecuadas en el laboratorio [Samung *et al.*, 2006]. Killick-Kendrick [1978; 1991] reportó que existen especies que se colonizan a partir de huevos colectados en la naturaleza como hay especies que no, por lo tanto, la

recolección de los individuos, ya sea en estadio inmaduro o adulto, representa un desafío para el establecimiento de la colonia [Mann & Kaufman, 2010].

1.4 Antecedentes tablas de vida

Diferentes autores han estudiado las poblaciones de organismos implementando tablas de vida; las tablas de vida inicialmente fueron estudiadas en poblaciones no humanas por Pearl & Parker [1924] en la especie *Drosophila melanogaster* y Pearl *et al.*, [1941] con *Tribolium confusum*, criados en un entorno uniforme simple utilizando frascos de vidrio. Harcourt [1969] menciona a autores como Morris & Miller [1954], quienes presentaron el primer ejemplo detallado de una tabla de vida para poblaciones naturales de un insecto. Abou Zied *et al.*, [2003], reportaron que se han registrado algunos estudios que evalúan el desarrollo, supervivencia y fecundidad en moscas de la familia Calliphoridae como es el caso de las especies: *L. sericata* [Wall, 1993; Hayes *et al.*, 1999], *C. albiceps* [El-Shazley *et al.*, 1995], *Chrysomya megacephala* [Gabre, 1999; Gabre *et al.*, 2005], *L. cuprina* [Abou Zied *et al.*, 2003]. Más recientemente, se han realizado estudios poblaciones de *L. sericata* [Rueda *et al.*, 2010], *C. albiceps* [Rosa *et al.*, 2011]. Pinilla *et al.*, [2013], por primera vez, describen tablas de vida para *S. magellanica*. También se encuentran estudios de tablas de vida en otras familias de dípteros: Psychodidae: *Lutzomia spinicrassa* [Escovar *et al.*, 2004], Culicidae: *Anopheles arabiensis* [Afrane *et al.*, 2007], Culicidae: *Anopheles gambiae* [Olayemi & Ande, 2009] y Muscidae: *Synthesiomyia nudiseta* [Aruna *et al.*, 2011].

1.4.1. Tablas de vida

Las tablas de vida son una representación sistémica de la natalidad, fecundidad, mortalidad y supervivencia en una población, tienen como propósito estudiar la edad de

una especie y de este modo obtener información que pueda ser útil para evaluar la estructura de edad en una determinada población, además generan información que permite establecer parámetros de crecimiento y reproductivos [Harcourt, 1969; La Rossa & Kahn, 2003; Gabre *et al.*, 2005; Aruna *et al.*, 2011; Rosa *et al.*, 2011].

Para la elaboración de las tablas de vida se debe tener en cuenta que: a) se realizan bajo condiciones de laboratorio, debido a que en campo se presentan dificultades como la localización de la supervivencia de la población y la reproducción a campo abierto [Gabre *et al.*, 2005], b) hay que establecer las clases de edad y éstas se asignan con categorías funcionales, en el caso de los insectos son las diferentes fases del ciclo biológico (Huevo- Estadios larvales- Pupa- Adulto), estas clases de edad en las especies se comportan de manera diferente, comportamientos que puede estar influenciados por condiciones ambientales, físicas o nutricionales [Rosa *et al.*, 2011], c) se desarrollan a partir de una población cerrada, es decir que los procesos de migración e inmigración son nulos [Donovan & Welden, 2002].

1.4.1.1 Tablas de vida vertical

También se conocen como tabla específica o tabla por edades, se construye a partir de la estructura de edades de una población en un tiempo determinado, con esta tabla se puede analizar la supervivencia o mortalidad de los diferentes estados del ciclo de vida de la especie de interés [Rabinovich, 1980a].

Los elementos vitales con los que se calculan los estadísticos de una tabla de vida son los siguientes (Tabla 1):

Tabla 1. Componentes principales de la tabla de vida.

Símbolo	Definición	Cálculo
Edad	Edad	X
l_x	Proporción de individuos a la edad X.	N_x/N_0
d_x	Número de individuos que mueren entre las edades X_{-1} y X.	$N_{x-1}-N_x$
q_x	Probabilidad de morir entre las edades X_{-1} y X.	d_x/ N_{x-1}
L_x	Medida de la probabilidad de supervivencia entre dos edades sucesivas.	$(l_x+l_{x-1})/2$
T_x	Número total de días que quedan por vivir a los sobrevivientes que han alcanzado a la edad X	$\Sigma(L_x)$

Tomada de Rabinovich [1980a]

1.4.1.2. Tablas de vida horizontal

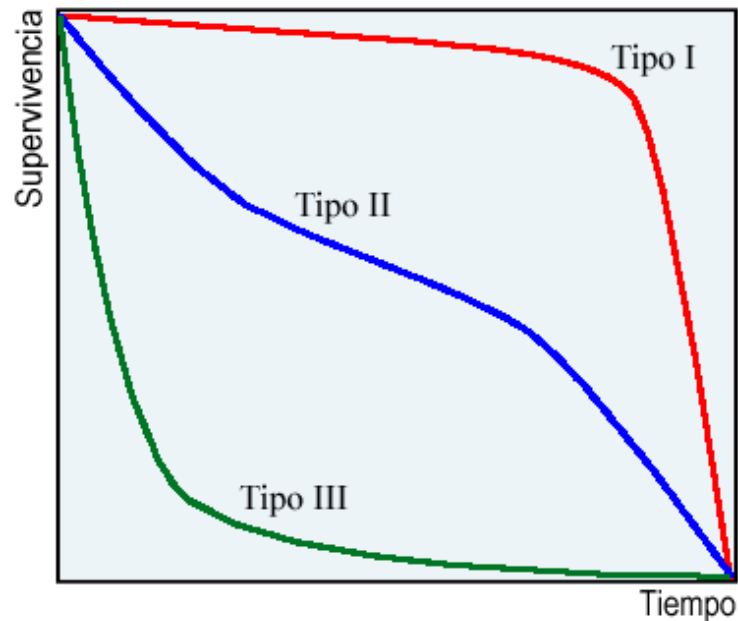
También son llamadas tablas de cohorte o tablas dinámicas, representan la evolución de una generación y se basa en realizar un seguimiento de una sola cohorte de individuos nacidos en un mismo intervalo de tiempo, desde el nacimiento hasta la muerte del último superviviente [Gotelli, 2001], la información generada por esta cohorte permite el cálculo de parámetros, los cuales se usan para estudiar la dinámica poblacional de dicha cohorte [Hamity *et al.*, 2006].

Los parámetros que se calculan en la tabla horizontal son los mencionados anteriormente y adicionalmente se calcula el cuadro de fecundidad que se compone de 3 parámetros: número de huevos depositados en estadio adulto (F_x), fecundidad individual o tasa de nacimiento, es decir la media de huevos producidos por cada individuo superviviente (m_x) y se calcula como F_x/a_x , y número de huevos producidos por individuos original durante cada fase (l_x*m_x) [Begon *et al.*, 1999; Hamity *et al.*, 2006].

1.5. Curvas de supervivencia

Las curvas de supervivencia indican la disminución numérica en el tiempo, de un grupo de individuos recién nacidos, puede ser considerada como un diagrama de la probabilidad de supervivencia de un individuo recién nacido hasta las diferentes edades [Begon *et al.*, 1999]. El uso de las curvas de supervivencia es importante para comparar especies que tengan ciclos de vida diferentes, para graficarla se toma el logaritmo de la fecundidad (l_x) en el eje de la Y y la edad (X) en el eje de la X, los puntos conectados dan como resultado esta curva de supervivencia [Gotelli, 2001]. Según Gotelli [2001], existen 3 tipos de curvas descritas por Pearl (1928) (Figura 4): **Tipo I:** Se caracteriza por presentar alta supervivencia en edades tempranas e intermedias y luego una fuerte caída de la supervivencia cuando los individuos se acercan a su vida máxima. Como ejemplo se encuentran los humanos y otros mamíferos. **Tipo III:** La supervivencia es baja por las clases de edades jóvenes y alta para las edades adultas. Aquí se encuentran representados los organismos que pueden producir cientos o miles de huevos y larvas de los cuales mueren la mayoría, los que logran pasar a la siguiente clase de edad tienen mayor supervivencia como es el caso de los insectos. **Tipo II:** Es una curva intermedia a la Tipo I y Tipo III, la mortalidad permanece constante y son raros los organismos que tienen este tipo de curva [Begon *et al.*, 1999; Gotelli, 2001].

Figura 4. Curvas de supervivencia.



Tomada de Begon *et al.*, [1999]

1.6 Parámetros reproductivos y poblacionales

Los parámetros poblacionales son útiles en la caracterización de una población animal, debido a que se relacionan con algunos aspectos reguladores del crecimiento de la población. El establecimiento de parámetros reproductivos y poblacionales permite seleccionar enemigos naturales, evaluar el impacto de un insecto beneficioso sobre una plaga y también para el control de dípteros sinantrópicos [Pitts & Wall, 2004; Leucona *et al.*, 2007].

El estudio de la dinámica poblacional se realiza estimando componentes del ciclo de vida bajo condiciones de laboratorio, dado que estas pueden ser controladas y generan mediciones más detalladas que las poblaciones naturales. La población que se toma para realizar el estudio son las hembras, debido a que los parámetros calculados

resultan de combinar funciones de supervivencia y de fecundidad específicos por edades [Rabinovich, 1980a; Rosa *et al.*, 2011].

1.6.1 Parámetros

1.6.1.1 Valor reproductivo (Vx): Significa la contribución a la población futura por parte de las hembras de edad x [Rabinovich, 1980a] y estima cuál es la capacidad intrínseca o potencial fisiológico en cada estadio del ciclo de vida. Según Rabinovich [1980b], Fischer (1930) introduce el concepto de valor reproductivo para responder la pregunta ¿cuál es el valor de un individuo en términos de descendientes con que contribuiría a las poblaciones de la próxima generación?, posteriormente Wilson & Bossert (1971) plantearon el parámetro de valor reproductivo así: ¿Cuántos individuos menos habrá en la población de la generación siguiente?, con estas preguntas se elaboró la fórmula para calcular dicho parámetro:

$$\frac{Vx}{Vo} = \frac{e^{rmx}}{Ix} * \sum Ixmx e^{-rmx}$$

rm: Tasa de incremento natural máxima.

x: Edad de las hembras de la cohorte.

Ixm: Producto de la supervivencia de las hembras de la cohorte por la fecundidad a una edad (x).

Vo: Valor reproductivo en el momento de nacer.

1.6.1.2 Tasa neta de reproducción (Ro): Definido como el número medio de crías hembras producida por hembra durante toda su vida, las unidades de Ro se dan en términos de número de descendientes. Si Ro es superior a 1.0, hay un excedente neto de la descendencia producida en cada generación por lo tanto, la población aumenta de

forma exponencial. Si R_0 es menor a 1.0, la mortalidad es tan grande que la población no puede sustituirse a sí mismo y puede tender hacia la extinción. Si R_0 es igual a 1.0, la producción de crías equilibra exactamente la mortalidad de cada generación y el tamaño de la población no cambia [Gotelli, 2001]:

$$\sum l_x m_x$$

1.6.1.3 Tiempo generacional (T_0): Estima la longevidad media de una generación es decir, el tiempo promedio que pasa desde que un huevo que es ovipositado puede convertirse en una hembra capaz de continuar con la producción de los huevos de su propia progenie [Rabinovich, 1980a] o el promedio de edad de los padres de toda la descendencia producida por una sola cohorte [Gotelli, 2001]. Se calcula como [Aruna *et al.*, 2011]:

$$\sum l_x m_x / R_0$$

1.6.1.4 Tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m): Expresa la capacidad innata de incremento en el número por unidad de tiempo, la fórmula para estimarla es [Aruna *et al.*, 2011]:

$$\frac{\ln R_0}{T_0}$$

1.6.1.5 Tasa intrínseca de crecimiento natural (r): Significa la tasa de natalidad instantánea por individuo y se calcula así [Rabinovich, 1980a]:

$$\sum Ixmx e^{-rx} = 1$$

1.6.1.6. Tasa finita de multiplicación (λ): Corresponde al número de individuos que se agrega a la población por individuo y por unidad de tiempo [Rabinovich, 1980a]:

$$\lambda = e^{rm}$$

1.7 Antecedentes de las dietas

Según Zhang *et al.*, [2009], las dietas artificiales para moscas inicia con el autor Bogdanow (1908), quien desarrolló una dieta artificial a base de extracto de carne y fue probada en larvas de *Calliphora vomitoria*, autores como Tenquist (1971), Ring (1972) y Sauderset (1986) incorporaron otros elementos a la dieta artificial: leche entera y levadura; dieta que fue evaluada en larvas de *L. sericata*. Daniels *et al.*, (1991) emplearon en las dietas sangre animal y Sherman & Tran [1995] adicionaron hígado, cuyas preparaciones fueron probadas en *L. sericata*.

Años después, se incluyeron en las dietas leche entera en polvo, levadura seca y germen de trigo, estos ingredientes son comparables con hígado de res y ha sido eficaz no sólo con *L. sericata* sino con otras especies [Tachibana & Numata, 2001].

Posteriormente, Rueda *et al.*, [2010], Pinilla *et al.*, [2010] y Pinilla *et al.*, [2013] experimentaron con dietas artificiales a base de hígado en polvo, leche en polvo, pescado y huevo en polvo, en dos especies de moscas de la familia Calliphoridae: *L. sericata* y *S. magellanica*, donde se obtuvieron ciclos de vida más cortos comparados con una dieta natural.

1.7.1 Dietas

La nutrición en moscas adultas, especialmente en hembras anautógenas es importante para el desarrollo de las ovarias [Zhang *et al.*, 2009] mientras que los nutrientes que se adquieren en el estadio larval son los que determinan la supervivencia y reproducción de los adultos, siendo las hembras las que más aprovechan este recurso brindado por las dietas para funciones como reproducción, supervivencia o regulación hormonal [Browne, 2001], otros estudios muestran efectos sobre la esperanza de vida, longevidad del organismo y su vida útil [Ujuvari *et al.*, 2009]. En cuanto a los componentes nutricionales, las proteínas juegan un papel importante en el desarrollo de las ovarias. En el ambiente natural este componente se obtiene del material orgánico de origen animal que se encuentra en descomposición [Zhang *et al.*, 2009]; sin embargo, se debe tener en cuenta que en condiciones de laboratorio niveles extremos, tales como componentes bajos de proteína (2%) o niveles altos (10%) no posibilitan el desarrollo de las larvas [Mendonça *et al.*, 2009].

1.7.1.1. Clasificación de las dietas

Existen 3 clases de dietas que son frecuentemente usadas en insectos: **Holídicas**, contienen elementos químicos puros; **merídicas**, se constituyen de elementos químicos conocidos y componentes químicamente no definidos y las **oligídicas**, compuestas de material natural de origen animal o vegetal [Acatitla *et al.*, 2004].

1.7.1.1.1 Dieta artificiales

Este tipo de dietas se ha implementado debido a que disminuye olores desagradables o posibles zoonosis, se caracterizan porque excluyen tejidos animales o ingredientes de origen animal, promueven el desarrollo de ovariolas y la oviposición, son asépticos y de fácil preparación y resultan ser comparables con dietas que se encuentran a base de tejidos animales [Zhang *et al.*, 2009; Mendonça *et al.*, 2009].

1.7.1.1.2 Dieta natural

La búsqueda de nuevas alternativas en cuanto a las dietas se debe a que ésta genera una rápida degradación, liberación de olores y emisión de gases que contienen kairomonas, hormona que se encarga de atraer a otros artrópodos [Mendonça *et al.*, 2009; Pinilla *et al.*, 2010; Rueda *et al.*, 2010].

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Establecer el ciclo de vida, tablas de vida y parámetros reproductivos y poblacionales a partir de una colonia de *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae), bajo condiciones controladas de laboratorio.

2.1.1 Objetivos específicos

- Establecer una colonia de moscas de la especie *C. vicina*, cepa Bogotá, en condiciones de laboratorio en la Universidad del Rosario.
- Determinar la duración del ciclo de vida de *C. vicina* teniendo en cuenta las diferentes dietas empleadas.
- Establecer variables de mortalidad, supervivencia y parámetros reproductivos y poblacionales de *C. vicina* empleando tablas de vida vertical y horizontal.

3. METODOLOGÍA

3.1 Captura de especímenes de *C. vicina*.

La colecta de los especímenes adultos se realizó en la ciudad de Bogotá, Colombia, dentro del Campus de la Universidad del Rosario, ubicada a una altura de 2560 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (4°39'13.5"N; 74°04'49"O), temperatura media anual de 13.8°C y humedad media anual de 74.3%. La atracción de los insectos se hizo empleando como cebo 2 libras de hígado de cerdo y, en la medida en que los especímenes fueron llegando, se colectaron cuidadosamente con una jama entomológica, posteriormente fueron almacenados en frascos plásticos de boca ancha para ser llevados al laboratorio de Entomología Médica y Forense, localizado a pocos metros del sitio donde se colectaron al interior de la universidad.

La captura se efectuó en horas de la mañana, entre las 9:00 y las 11:00 horas del 17 al 24 de marzo del 2014. La identificación taxonómica se realizó haciendo uso de las claves de McAlpine [1987] y Amat & Wolff [2008]. Finalmente, los individuos que se identificaron como *C. vicina* fueron ubicados al interior del insectario en jaulas Gerberg de 45 cm x 45 cm x 45 cm.

3.2 Establecimiento y mantenimiento de la colonia

Las formas adultas se mantuvieron en jaulas Gerberg, bajo condiciones controladas de laboratorio, a temperatura de 27°C, humedad relativa 70% y fotoperiodo 12:12 horas (luz, oscuridad), cubiertas con un velo de tul para evitar la entrada de otra clase de insectos que pudiera contaminar la cepa y afectar el éxito de la colonia (Figura 5). A los adultos se les suministró continuamente agua y azúcar como suplemento energético e

hígado de cerdo como fuente de proteína y también las hembras usaron este sustrato para la oviposición.

Los huevos de *C. vicina* fueron tomados del hígado de cerdo, luego se depositaron en frascos de vidrio con la misma clase de alimento y se cubrieron con un velo. Las larvas de primer estadio, producto de la eclosión, continuaron su desarrollo biológico hasta el estadio III; la identificación del estadio larval se realizó tomando un grupo de larvas al azar y se observó el grado de desarrollo de los espiráculos posteriores. En las larvas de primer estadio los espiráculos posteriores no se encuentran desarrollados y el espiráculo anterior esta ausente, en el segundo estadio larval aparece el espiráculo anterior y los posteriores presentan dos aperturas paralelas cada uno, finalmente en el tercer estadio, los espiráculos anteriores estan bien desarrollados y los posteriores presentan tres aperturas paralelas. Éstas, como prepupas, se llevaron a otros frascos que contenían arena y se cubrieron con velos con el fin de que allí ocurriera la pupación. Finalmente, los adultos que emergieron fueron transferidos a jaulas Gerberg donde se le dio continuidad al ciclo de vida. En este estudio se analizaron 6 generaciones continuas de *C. vicina* y diariamente se realizó aseo y limpieza de los utensilios usados para el mantenimiento de la colonia, cada 45 días las jaulas se lavaron con agua y jabón y se esterilizaron en autoclave, además cada 24 horas se verificaron las condiciones alimenticias, físicas y ambientales para garantizar el éxito de cada una de las fases del ciclo de vida.

Figura 5. Jaula Gerberg



3.3 Ciclo de vida

El ciclo de vida se evaluó a partir de una dieta natural: Hígado de cerdo (H) y dos dietas sintéticas: Huevo-Leche en polvo (HL) (Tabla 2) e Hígado en polvo (HP) (Tabla 3). El ciclo biológico se inició a partir de tres posturas de aproximadamente 140 huevos (0.026g) tomados de los adultos parentales y fueron distribuidos en cada una de las dietas, de cada dieta se realizaron 3 réplicas continuas hasta que se alcanzó la 6^a generación.

Tabla 2. Composición y preparación de la dieta Huevo-Leche en polvo.

Ingredientes	Cantidad
BHI	9 g
Leche entera-polvo	6 g
Agar nutritivo	2.5 g
Anfotericina B	0.5 mL
*Huevo	1
Agua destilada	100 mL

* 1 huevo es equivalente a 6 g de huevo en polvo

Se usó la formulación descrita por Pinilla *et al.*, [2013] con algunas modificaciones

El procedimiento empleado en la preparación del medio anterior fue: en un erlenmeyer de 200 mL se adicionó 100 mL de agua destilada y se agregaron los reactivos, éste se llevó a una placa de calentamiento con agitador magnético, allí se dejó hasta que hirviera. Posteriormente, se llevó a la cabina, se dejó enfriar y luego se adicionó un huevo y 0.5 mL de anfotericina B, se mezcló todo el contenido y finalmente el medio se sirvió en recipientes previamente estériles y se refrigeró a 4°C (Figura 6).

Figura 6. Preparación dieta artificial Huevo-Leche en polvo



Tabla 3. Composición y preparación de la dieta Hígado en polvo.

Ingredientes	Cantidad
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	0.012 g
KH_2PO_4	0.012 g
NaCl	1.2 g
Hígado en polvo	6 g
Glucosa	1.2 g
BHI	4.2 g
Sangre	25 MI
Agar nutritivo	4.6 g
Anfotericina B	0.5 mL
Agua destilada	100 mL

Se tuvo en cuenta la formulación de Gingrich *et al.*, [1971].

Al igual que el procedimiento anterior, en un erlenmeyer de 250 mL se adicionó 100 mL de agua destilada y se mezclaron con los reactivos en polvo, a continuación se homogenizó durante 10 minutos y luego se esterilizó en autoclave a 115°C por 20 minutos. Cuando el medio culminó su proceso de esterilización se llevó a la cabina, se dejó enfriar y se adicionaron 0.5 mL de anfotericina B y 25 mL de sangre, se mezclaron suavemente y después todo el contenido del medio se sirvió en frascos estériles y se refrigeraron a 4°C (Figura 7).

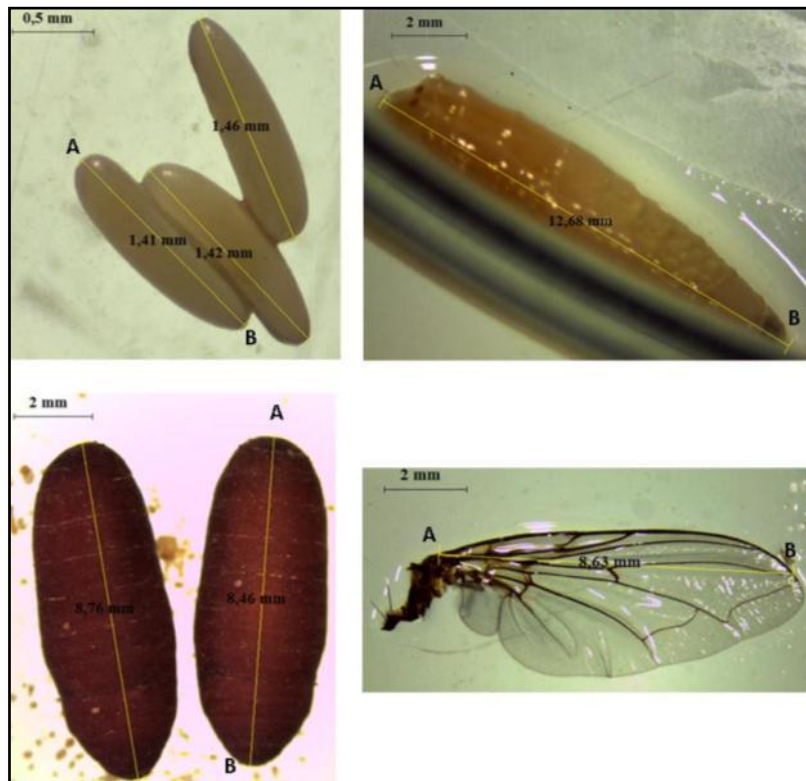
Figura 7. Preparación dieta artificial Hígado en polvo



Para evaluar la eficacia de cada dieta sobre el desarrollo del ciclo de vida de *C. vicina* se tuvo en cuenta la duración en días de cada una de las fases de desarrollo (huevo, larva I, larva II, larva III, pupa y adulto), éstos fueron determinados utilizando caracteres morfológicos para la identificación de las correspondientes etapas del desarrollo [Flórez & Wolff, 2009].

Para continuar evaluando la eficiencia de las dietas, también se tuvo en cuenta la relación de sexos, longevidad de los adultos y el tamaño de especímenes inmaduros y adultos. Las medidas morfométricas fueron tomadas con un estereomicroscopio LEICA modelo EZ4HD usando el software LASEZ. La toma de medidas se realizó como indica la figura 8; para determinar la longitud del ala se tuvo en cuenta la metodología usada por Pinilla *et al.*, [2013], que consistió en el registro de la longitud desde la basicosta hasta la vena media costal como estimador del tamaño de los adultos.

Figura 8. Medidas morfométricas en estadios inmaduros y adultos



A-B el punto de inicio y finalización de la toma de medida

3.4 Tabla de vida vertical

Se realizó a partir de las posturas del promedio de las 6 generaciones para las tres dietas (hígado natural, hígado en polvo y huevo-leche en polvo), se registró el número de individuos que quedaron al pasar al siguiente estadio (huevos, larva I, larva II, larva III, pupa y adultos). Con esta tabla de vida se determinó la mortalidad en las en las fases del ciclo de vida teniendo en cuenta las diferentes dietas, con estos datos se elaboraron las curvas de supervivencia. Para esta tabla se calcularon los siguiente parámetros: número de individuos observados (ax), cohorte original que sobrevive en el comienzo de cada estado (lx), cohorte original que muere en cada estado (dx), tasa de mortalidad (qx) y expectativa de vida por individuos a la edad X (ex).

3.5 Tabla de vida horizontal

La tabla de vida horizontal se inició a partir de una cohorte de 50 hembras vírgenes emergidas el mismo día, tomadas de la 6ª generación de la dieta natural. Se dejaron con los machos hasta el día previo a la primera oviposición, que correspondió a los 7 días. Las hembras fueron ubicadas individualmente en frascos plásticos de boca ancha, allí se les suministró su respectivo alimento y agua azucarada. Los datos que se registraron fueron: número de posturas, cantidad de huevos ovipositados, cantidad de huevos retenidos por hembra y supervivencia, con estos registros se calculó supervivencia de las hembras en la cohorte a la edad X (lx) y el promedio de fecundidad de las hembras por cohorte a la edad X (mx). A partir de estos resultados obtenidos en la tabla de vida horizontal se establecieron los siguientes parámetros reproductivos y poblacionales: valor reproductivo (Vx), tasa neta de reproducción (Ro), tiempo medio de generacional (Tc), tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) y

tasa finita de multiplicación (λ), se calcularon con base en la metodología propuesta por Rabinovich [1980a].

3.6 Disección de hembras adultas

Se tomaron las hembras muertas y se les practicó una necropsia, para recuperar los huevos retenidos, utilizando un estereomicroscopio LEICA modelo EZ4HD, se hizo una incisión en la parte media del abdomen y cuidadosamente se extrajo el celoma que recubre los órganos internos y a continuación se retiraron los huevos para ser contados y registrados (Figura 9).

Figura 9. Disección abdominal en hembras.



Flecha roja indica el sitio de la disección.

3.7 Análisis estadístico

Se calculó el promedio de los diferentes parámetros (tamaño estadios inmaduros, tamaño estadio adultos y duración del ciclo de vida) evaluado en tres tratamientos (H-HL-HP) durante 6 generaciones. Las comparaciones de las medias se realizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la regresión múltiple para determinar cuáles fueron los grupos que aportaron a la existencia de diferencias, estos resultados fueron analizados con un índice de confianza del 95% y se utilizó el software STATA versión 12.0, edition 1985-2011.

4. RESULTADOS

4.1 Establecimiento y mantenimiento de la colonia

Para el establecimiento de la colonia de *C. vicina* se utilizaron 6 generaciones. En cada una de las generaciones y dietas, se determinó el número de individuos para cada fase del ciclo de vida (Tablas 4, 5 y 6). De manera general en las tres dietas empleadas los porcentajes de emergencia durante F1 y F2 fueron relativamente bajos, sin embargo a partir de la F3 los porcentajes siempre superaron el 60%, iniciando que la población se encuentra en aumento. Teniendo en cuenta los porcentajes de emergencia totales por dieta, se observó que la dieta HL presentó una alta eficiencia, pues tuvo un porcentaje de emergencia del 74.87%, seguida de las dietas HP quien presentó un 68.31% y la dieta H con un 66.25% (Tablas 4, 5 y 6).

Tabla 4. Unidad poblacional, supervivencia larval, supervivencia pupal y número de adultos en cada generación de *C. vicina*, en la dieta HL

DIETA HL																						
G	H			LI			LII			LIII			P	% Em	H			M				
	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES			TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES		
P													103									
F1	323	1.41	0.08	207	1.15	0.08	198	1.67	0.12	186	0.99	0.07	171	1.32	0.1	61.1	62	1.31	0.17	41	0.98	0.15
F2	349	1.01	0.05	240	0.67	0.04	227	0.45	0.03	214	0.83	0.06	210	0.43	0.03	61.35	86	0.75	0.08	42	1.76	0.27
F3	581	0.16	0.01	559	1.23	0.05	548	0.87	0.04	497	1.17	0.05	483	1.98	0.09	73.16	203	2.21	0.16	148	2.65	0.22
F4	1257	1.72	0.05	827	1.98	0.07	815	1.22	0.04	806	2.03	0.07	784	2.32	0.08	83.99	357	2.32	0.12	299	1.21	0.07
F5	1991	2.54	0.06	1806	1.32	0.03	1690	1.95	0.05	1623	1.84	0.05	1620	0.9	0.02	84.34	745	1.23	0.05	620	1.44	0.06
F6	3544	2.27	0.04	3020	2.03	0.04	2987	2.08	0.04	2963	1.2	0.02	2958	2.73	0.05	85.26	1491	3.01	0.08	1028	3.78	0.12
Emergencia promedio:														74.87								

G= Generaciones; P= Parentales; H= Huevo; LI= Larva I; LII= Larva II; LIII= Larva III, P= Pupa; %Em= Porcentaje de emergencia del adulto; H= Hembra; M= Macho.

Tabla 5. Unidad poblacional, supervivencia larval, supervivencia pupal y número de adultos en cada generación de *C. vicina*, en la dieta HP

DIETA HP																						
G	H			LI			LII			LIII			% Em	H			M					
	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES		TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES			
P														103			88					
F1	239	1.9	0.12	146	1.32	0.11	123	0.33	0.03	108	1.34	0.13	86	1.65	0.18	53.4	30	0.78	0.14	15	0.81	0.21
F2	274	1.11	0.07	175	0.33	0.02	152	0.45	0.04	133	0.78	0.07	97	0.67	0.07	61.02	37	1.02	0.17	21	0.92	0.2
F3	396	0.98	0.05	221	2.01	0.14	190	2.67	0.19	163	2.22	0.17	145	1.98	0.16	63.38	54	1.67	0.23	36	1.66	0.28
F4	585	2.21	0.09	431	1.65	0.08	384	1.54	0.08	316	1.77	0.1	218	1.23	0.08	76.82	92	1.32	0.14	74	2.4	0.28
F5	831	3.92	0.14	677	2.41	0.09	590	2.98	0.12	529	3.05	0.13	496	2.43	0.11	76.56	225	1.62	0.11	153	2.01	0.16
F6	1582	2.78	0.07	1438	3.82	0.1	1397	3.74	0.1	1318	2.89	0.08	1263	3.54	0.1	78.75	571	3.42	0.14	420	2.08	0.1
Emergencia promedio:												68.31										

G= Generaciones; P= Parentales; H= Huevo; LI= Larva I; LII= Larva II; LIII= Larva III, P= Pupa; %Em= Porcentaje de emergencia del adulto; H= Hembra; M= Macho.

Tabla 6. Unidad poblacional, supervivencia larval, supervivencia pupal y número de adultos en cada generación de *C. vicina*, en la dieta H

DIETA H																						
G	H			LI			LII			LIII			% Em	H			M					
	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES		TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES			
P														103			88					
F1	314	1.98	0.11	194	0.98	0.07	187	1.3	0.1	175	0.56	0.04	159	1.22	0.1	56.48	51	0.76	0.04	38	2.01	0.33
F2	338	1.43	0.08	227	1.54	0.1	216	0.67	0.05	208	1.67	0.12	199	0.55	0.04	59.52	78	1.32	0.12	39	0.65	0.1
F3	563	2.33	0.1	532	0.76	0.03	517	0.54	0.02	489	0.98	0.04	478	1.39	0.06	65.05	177	1.9	0.04	132	1.91	0.17
F4	1110	1.87	0.06	1002	0.57	0.02	941	1.37	0.04	879	2.35	0.08	800	1.11	0.04	68.94	322	0.43	0.08	229	2.45	0.16
F5	1816	2.41	0.06	1729	3.21	0.08	1686	2.98	0.07	1654	2.01	0.05	1612	2.43	0.06	71.41	610	3.09	0.05	538	3.03	0.13
F6	3389	3.01	0.05	3208	3.03	0.05	3003	2.06	0.04	2944	3.36	0.06	2926	2.08	0.04	77.76	1281	2.11	0.06	992	2.56	0.08
Emergencia promedio:												66.25										

G= Generaciones; P= Parentales; H= Huevo; LI= Larva I; LII= Larva II; LIII= Larva III, P= Pupa; %Em= Porcentaje de emergencia del adulto; H= Hembra; M= Macho.

4.2 Ciclo de vida *C. vicina*

Hubo diferencias significativas ($p=0.005$) en la duración del ciclo de vida de la mosca, el cual estuvo en dependencia de las clases de dietas suministradas. En la tabla 7 se observa que el ciclo de vida de *C. vicina*, presentó mayor duración cuando los especímenes se alimentaron con la dieta HP (225.87 ± 45.27 días), seguida de los individuos alimentados con HL (213.88 ± 42.61 días) y finalmente, los que tuvieron menor duración correspondieron a los alimentados con la dieta H (173.21 ± 30.24

días). Las grandes desviaciones estándar observadas en las tres dietas pueden explicarse debido a la diferencia en la longevidad de las formas adultas. Sin embargo, si se considera el desarrollo de los insectos desde el estado huevo hasta la emergencia de los adultos, se observa que la desviación estándar disminuye notablemente (18.78 ± 3.65 , 20.93 ± 2.89 y 24.75 ± 6.76 para las dietas H, HL y HP respectivamente).

Por otro lado, al efectuar una comparación entre pares de estadios para cada dieta, se encontró que no hubo diferencias significativas en la dieta H cuando se hicieron las comparaciones entre LI- H ($p=0.940$), LIII-H ($p=0.338$) y LIII-LII ($p=0.377$), para la dieta HL; a diferencia de la anterior, hubo un mayor número en las asociaciones que se compararon de diferencias significativas y sólo entre LI- H ($p=0.901$) no se registraron tales diferencias. Finalmente, cuando se alimentaron con HP se produjo una situación similar a la anterior, es decir entre LI-H ($p=0.195$) no hubo diferencias significativas.

La mayor longevidad fue observada en hembras con la dieta HP (102.857 ± 18.496) días y la longevidad menor en hembras alimentadas con la dieta H (79.055 ± 13.343) días. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p=0.0018$) (Tabla 7).

Tabla 7. Duración del ciclo de vida de *Calliphora vicina*.

DIETA	ESTADIOS INMADUROS (días)												LONGEVIDAD ADULTOS (días)						DURACIÓN TOTAL (días)					
	H			LI			LII			LIII			P			H			M					
	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES
H	0.86	0.15	0.02	0.9	0.16	0.02	1.29	0.40	0.05	5.59	1.44	0.19	10.14	1.50	0.19	79.05	13.34	2.11	75.38	13.25	2.65	173.21	30.24	1.58
HL	1.09	0.19	0.02	1.15	0.20	0.03	2.03	0.35	0.05	5.71	0.75	0.10	10.95	1.40	0.18	97.88	20.23	4.13	95.07	19.49	5.03	213.88	42.61	2.31
HP	1.19	0.31	0.04	1.77	0.75	0.10	2.86	0.81	0.10	8.27	2.84	0.37	10.66	2.05	0.26	102.9	18.49	3.63	98.27	20.02	4.48	225.87	45.27	2.43

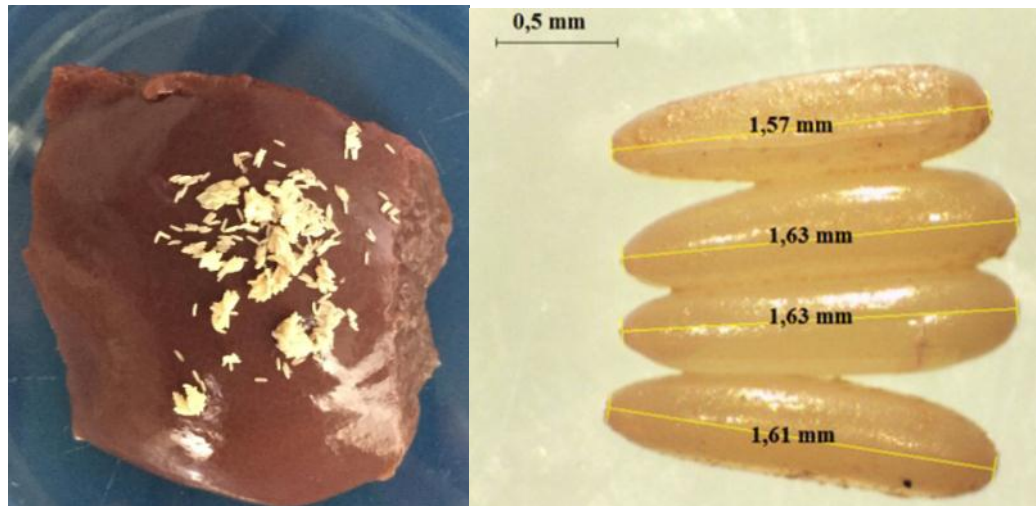
H= Hígado; HL= Huevo-Leche en polvo; HP= Hígado en polvo; Huevo = H; Larva I = LI; Larva II = LII; Larva III = LIII; Pupa = P; Hembra= H; Macho= M

4.2.1. Descripción de los estados del desarrollo

4.2.1.1. Huevos

Se observaron de color blanco, de forma elíptica, algunos se encontraron agrupados en masa o individuales sobre cualquier tipo de sustrato, específicamente en las dietas que se evaluaron (Figura 10).

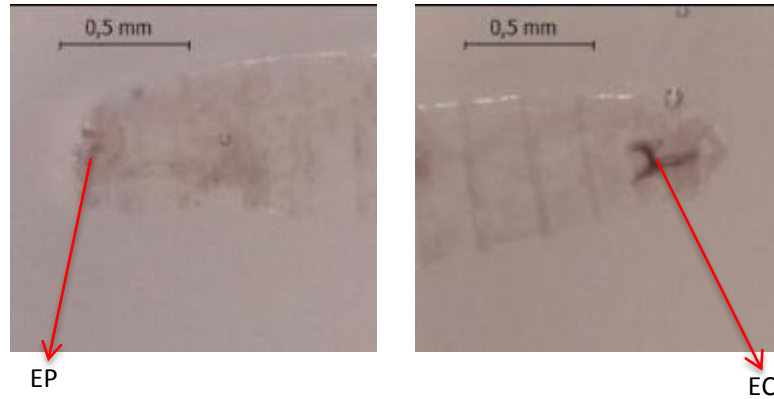
Figura 10. Estadio huevo *C. vicina*.



4.2.1.2. Primer estadio larval (L1)

Se observó que el esqueleto cefalofaríngeo es poco visible, las larvas en este estadio presentan color blanco y translúcido, los espiráculos posteriores se observaron poco desarrollados y no presentaron peritrema. Adicionalmente, no se observó presencia del espiráculo anterior (Figura 11).

Figura 11. Primer estadio larval *C. vicina*

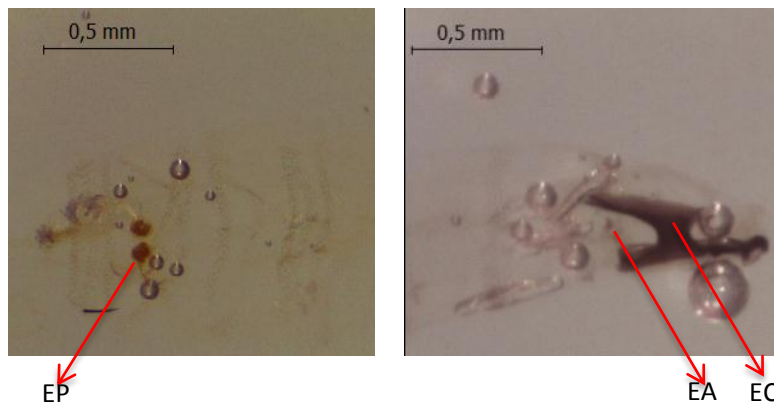


EP: Espiráculo posterior, EC: Esqueleto cefalofaríngeo

4.2.1.3. Segundo estadio larval (LII)

En comparación al instar anterior, el esqueleto cefalofaríngeo se observó más esclerotizado, los espiráculos posteriores presentaron en su interior dos aperturas bien definidas y paralelas, además se observó el espiráculo anterior (Figura 12).

Figura 12. Segundo estadio larval *C. vicina*

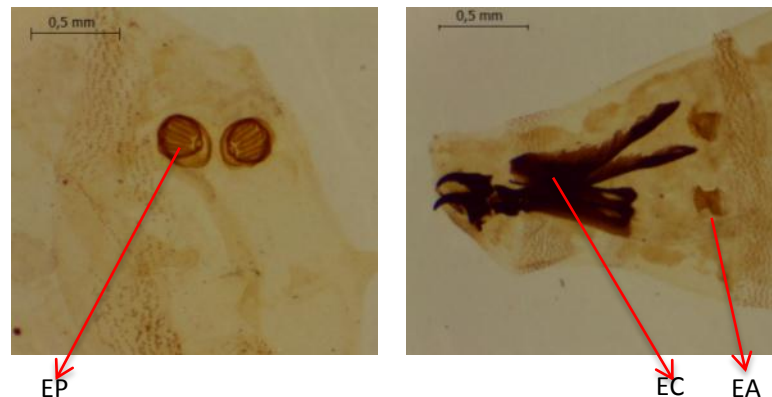


EP: Espiráculo posterior, EA: Espiráculo anterior, EC: Esqueleto cefalofaríngeo

4.2.1.4 Tercer estadio larval (LIII)

Los caracteres taxonómicos que definen el tercer estadio larval de esta especie se conservan según lo descrito por Florez & Wolf [2009]. Según esta clave, los caracteres que definen la especie son: espinas levemente pigmentadas y de una sola punta, espiráculos posteriores con peritrema grueso, completo y botón bien definido y esclerito oral pigmentado (Figura 13).

Figura 13. Tercer estadio larval *C. vicina*



EP: Espiráculo posterior, EA: Espiráculo anterior, EC: Esqueleto cefalofaríngeo.

4.2.1.5. Pupa

Las pupas se caracterizan por presentar una fuerte esclerotización, su tamaño es menor que el de la larva de tercer estadio. Al inicio del estado pupal, las pupas presentan una coloración clara, que se va tornando café oscura a medida que transcurre el tiempo, de manera general, dicho cambio de color se da en un periodo menor a tres días (Figura 14).

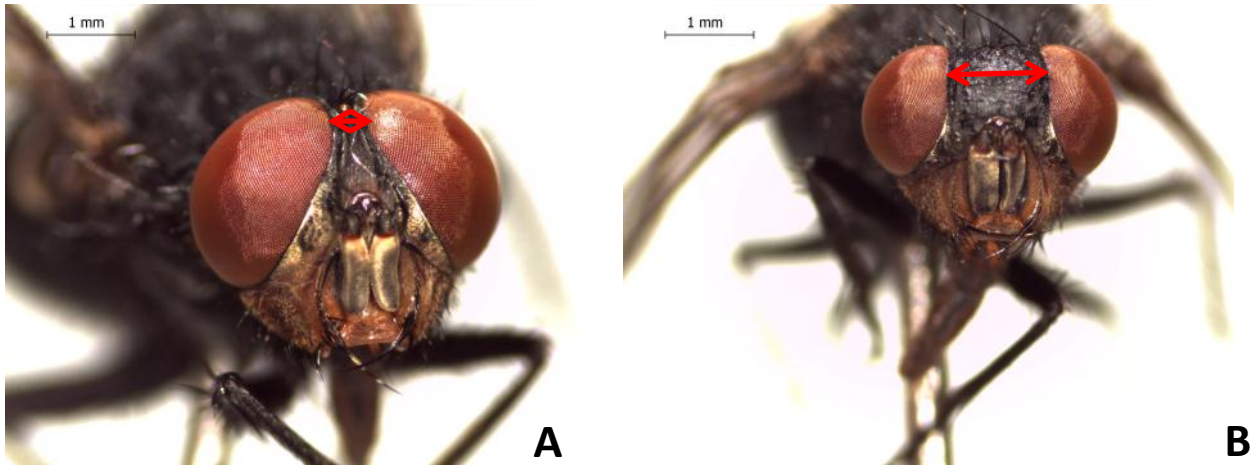
Figura 14. Cambios en la coloración en diferentes tiempos para un grupo de pupas de *C. vicina* tomadas al azar.



4.2.1.6. Adulto

Los adultos obtenidos a partir de las tres dietas evaluadas conservaron los caracteres descritos en la sección del marco teórico. La diferenciación de los sexos se estableció a partir de la separación de los ojos, ya que en los machos se presenta la holóptica, mientras que las hembras presentan la condición dicóptica (Figura 16).

Figura 16. Diferenciación de sexos en *C. vicina*.



A. Condición holóptica en machos y B. Condición dicóptica en hembras

4.3 Morfometría estadios inmaduros *C. vicina*

Hubo diferencias significativas ($p= 0.003$) en el tamaño de los individuos inmaduros y se observó que éste fue influenciado por las dietas suministradas (H, HL y HP), en concordancia con los estadios de desarrollo (H, LI, LII, LIII y P). La regresión múltiple, mostró que las generaciones F4 a la F6 fueron las que contribuyeron a que se generaran estas diferencias.

En la tabla 8 se muestran los valores morfométricos correspondientes a cada uno de los estadios inmaduros, en donde las diferencias en el tamaño están en relación con las dietas suministradas. Se observaron tamaños más grandes en los estadios LI hasta la fase de pupa cuando se alimentaron con la dieta HL, estas diferencias fueron encontradas en las 6 generaciones evaluadas. Así mismo, la fase de huevo presentó mayor longitud durante todas las generaciones cuando las moscas fueron alimentadas con la dieta HP.

Tabla 8. Tamaño de los estadios inmaduros de *Calliphora vicina*.

Dieta	Estadios inmaduros														
	H (mm)			LI (mm)			LII (mm)			LIII (mm)			P (mm)		
	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES
H	1.48	0.13	0.017	2.23	0.46	0.059	4.72	0.86	0.111	12.23	1.24	0.160	8.43	0.56	0.072
HL	1.58	0.18	0.023	2.44	0.61	0.079	4.89	1.22	0.158	12.42	1.73	0.223	8.99	3.29	0.425
HP	1.67	0.22	0.028	2.48	0.52	0.067	4.33	1.1	0.142	8.25	2.12	0.274	8.8	1.09	0.141

H= Hígado; HL= Huevo-Leche en polvo; HP= Hígado en polvo; Huevo = H; Larva I = LI; Larva II = LII; Larva III = LIII; Pupa = P.

4.4 Morfometría fase adulto de *C. vicina*

En cuanto a la longitud de los adultos, se registraron diferencias significativas ($p=0.009$), lo cual sugiere que el tamaño de los insectos estuvo relacionado con la dieta (H, HL y HP), el sexo y las generaciones; según el análisis de regresión múltiple, el conjunto de estos tres factores fueron los que aportaron dichas diferencias en el tamaño de las moscas adultas y, además, se estableció la presencia de dimorfismo sexual, independientemente de la dieta evaluada, siendo las hembras más grandes que los machos, los cuales redujeron su tamaño en -0.678 mm en concordancia con las tres dietas analizadas (Tabla 9).

Se calculó la proporción de sexos y se encontró que las hembras fueron los especímenes que tuvieron ligeramente una mayor proporción de individuos en la población y de acuerdo con las dietas se registró la siguiente distribución: HP 58.3%, HL 57.4% y H 56.14%, sin embargo no hubo diferencias estadísticamente significativas en relación con los machos ($p=0.5836$).

Tabla 9. Tamaño de la fase adulto

Dieta	Promedio Hembras (mm)			Máxima Hembras (mm)	Mínima Hembras (mm)	Promedio Machos (mm)			Máxima Machos (mm)	Mínima Machos (mm)
	TOTAL	DS	ES			TOTAL	DS	ES		
H	10.7	1.2	0.19	13.4	7.11	10	1.01	0.20	12.3	6.96
HL	11.04	1.11	0.23	13.17	6.51	10.37	1.06	0.27	12.39	7.17
HP	9.9	0.98	0.19	12.14	7.25	9.13	0.9	0.20	11.25	6.99

H= Hígado; HL= Huevo-Leche en polvo; HP= Hígado en polvo.

4.5 Tabla de vida vertical y parámetros reproductivos y poblacionales

La tabla de vida vertical de *C. vicina* bajo condiciones de laboratorio (Tabla 10), se inició con el conteo diario de los individuos observados en los diferentes estadios y fases de desarrollo de la especie (ax). En ésta se muestra que el porcentaje de supervivencia (lx) en los estadios de huevo hasta adulto no presentó diferencias significativas entre las dietas H y HL ($p=0.494$) tampoco hubo tales diferencias entre las dietas H e HP ($p=0.214$), el porcentaje de mortalidad (dx) presentó un comportamiento inversamente proporcional a la columna anterior y la probabilidad promedio de muerte (qx) obtuvo valores similares a los valores registrados en la columna dx. Por otro lado, la esperanza de vida de los individuos (Ex) fue mayor para el estadio LI en las tres dietas, a partir del estadio LII hasta la fase adulto este parámetro disminuyó, el análisis de varianza mostró que hubo diferencias significativas entre los estados del desarrollo ($p=0.002$), pero entre las dietas no hubo tales diferencias ($p=0.01$) (Figura 17).

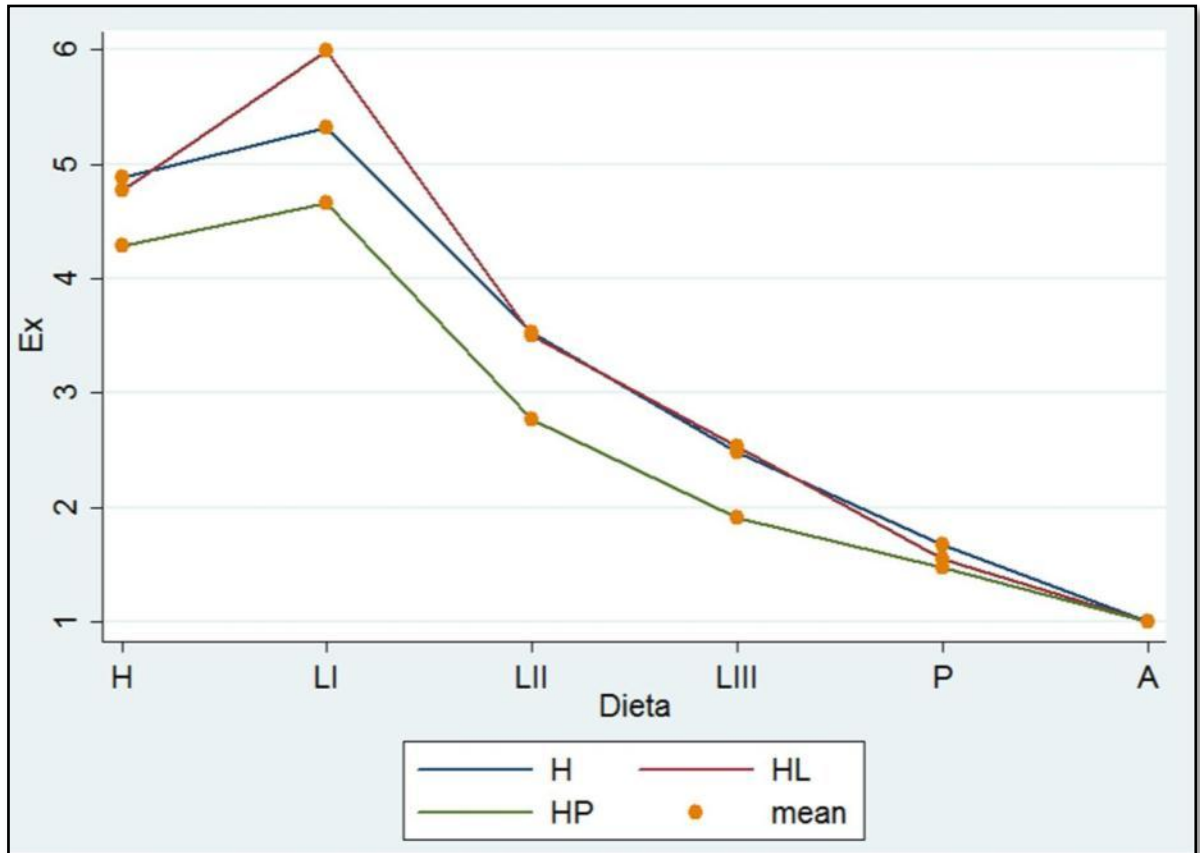
En la figura 18 se pudo apreciar que la supervivencia de *C. vicina*, evaluada con las dietas H, HL y HP, presentó un comportamiento similar y tuvo una tendencia semejante a la correspondiente asimilación de una curva de supervivencia de tipo III.

Tabla 10. Tabla de vida vertical de *C. vicina* criados en diferentes dietas Hígado (H), Huevo-Leche en polvo (HL) e Hígado en polvo (HP), bajo condiciones de laboratorio

X	Dieta	Ax	Lx	dx	qx	Ex
Huevo	H	248.05	1	0.269	0.368	4.886
	HL	214.11	1	0.369	0.586	4.778
	HP	229.65	1	0.294	0.417	4.291
LI	H	181.21	0.73	0.164	0.183	5.32
	HL	134.93	0.63	0.269	0.299	5.995
	HP	161.99	0.705	0.226	0.243	4.666
LII	H	162.10	0.894	0.014	0.015	3.528
	HL	121.33	0.899	-0.010	-0.012	3.501
	HP	150.99	0.932	-0.068	-0.079	2.774
LIII	H	147.32	0.908	0.102	0.126	2.488
	HL	107.78	0.88	0.009	0.01	2.531
	HP	130.4	0.863	0.073	0.092	1.915
Pupa	H	118.82	0.806	0.26	0.476	1.677
	HL	94.71	0.878	0.396	0.823	1.548
	HP	103.08	0.79	0.412	1.092	1.478
Adulto	H	65	0.546			1
	HL	45.64	0.481			1
	HP	38.95	0.377			1

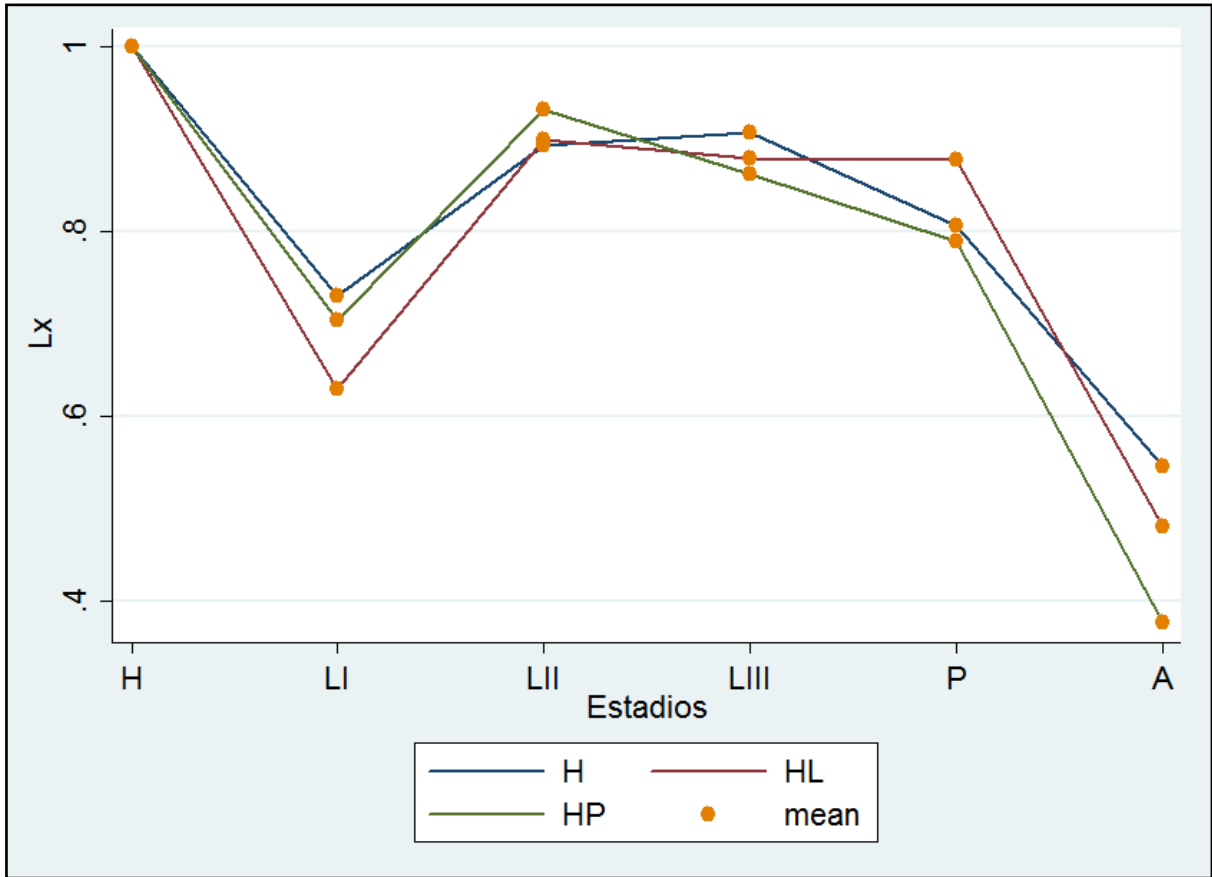
X= Estado de desarrollo; ax= Número de individuos observados; lx= Cohorte original que sobrevive en el comienzo de cada estado; dx= Cohorte original que muere en cada estado; qx= Tasa de mortalidad (probabilidad promedio de muerte que tiene un individuo); ex= Expectativa de vida por individuo a la edad X; LI= Larva I; LII= Larva II; LIII= Larva III.

Figura 17. Curva de la esperanza de vida de *C. vicina*.



H=Hígado; HL= Huevo-Leche; HP= Hígado en polvo; Ex= Esperanza de vida.

Figura 18. Curvas de supervivencia Tipo III



H=Hígado; HL= Huevo-Leche; HP= Hígado en polvo; Lx= supervivencia

Tabla 11. Parámetros reproductivos y poblacionales de *C. vicina*, obtenidos a partir de la tabla de vida vertical con especímenes hembras alimentadas con cada una de las dietas seleccionadas.

PARÁMETROS	DIETA H	DIETA HL
Ro	2.58	2.87
Tc	5	5
r	1.11	1.13
Λ	3.04	3.1

4.6 Tabla de vida horizontal y parámetros reproductivos y poblacionales

A partir de 50 hembras para la dieta H y 50 hembras para la dieta HL, separadas cada una en jaulas individuales se realizó un conteo diario de posturas hasta su muerte con el fin de establecer la tabla de vida horizontal. Estos parámetros se evaluaron solo en las dietas H y HL, con la dieta HP no se realizó debido al bajo rendimiento que presentó. La tabla 12 muestra el número de oviposiciones observadas en el tiempo de supervivencia de las hembras. Cabe resaltar que estos valores presentaron grandes desviaciones debido al amplio rango en el número de las posturas de huevos, los valores de la dieta H se encontraron entre 124 y 924 y para la dieta HL se registró un valor mínimo de 87 y un valor máximo 1757.

Tabla 12. Promedio de posturas y oviposición en *C. vicina*

OVIPOSICIÓN	DIETA H			DIETA HL		
	TOTAL	DS	ES	TOTAL	DS	ES
Promedio de posturas (masas de huevos)	4.21	2.11	0.54	6.11	1.07	0.67
Promedio huevos por día	180	35.23	3.15	238	47.64	5.08
Promedio huevos totales por hembra	474.34	307.08	84.7	598	477.26	43.42

H= Hígado; HL= Huevo-leche

Las hembras alimentadas con la dieta H, tuvieron un periodo de preoviposición de 8 días, mientras que aquellas a las que se les suministró dieta artificial HL, presentaron un periodo mas largo de preoviposición (16 días) (Tabla 13 y 14). A partir de las tablas de vida horizontal correspondientes a las dietas H y HL (Tabla 13 y 14), se establecieron los parámetros reproductivos y poblacionales (Tabla 15).

Tabla 13. Tabla de vida horizontal de *C. vicina*, obtenida a partir de hembras alimentadas con la dieta H bajo condiciones de laboratorio.

X (días)	lx	mx	lxmx	xlxmx	Tc
1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0
8	0.98	4.76	4.66	37.32	0.16
9	0.96	3.52	3.38	30.41	0.13
10	0.90	12.66	11.39	113.94	0.50
11	0.90	12.66	11.39	125.33	0.55
12	0.90	12.66	11.39	136.73	0.60

13	0.90	12.66	11.39	148.12	0.65
14	0.84	2.48	2.08	29.16	0.13
15	0.84	18.48	15.52	232.85	1.03
16	0.84	10.48	8.80	140.85	0.62
17	0.80	9.24	7.39	125.66	0.56
18	0.76	16.28	12.37	222.71	0.98
19	0.76	16.28	12.37	235.08	1.04
20	0.70	7.54	5.28	105.56	0.47
21	0.68	3.26	2.22	46.55	0.21
22	0.68	3.26	2.22	48.77	0.22
23	0.66	10.42	6.88	158.18	0.70
24	0.58	18.2	10.56	253.34	1.12
25	0.56	15.08	8.44	211.12	0.93
26	0.54	9.32	5.03	130.85	0.58
27	0.48	3.96	1.90	51.32	0.23
28	0.48	15.96	7.66	214.50	0.95
29	0.48	13.96	6.70	194.32	0.86
30	0.46	10.9	5.01	150.42	0.66
31	0.46	10.9	5.01	155.43	0.69
32	0.42	17.66	7.42	237.35	1.05
33	0.42	17.66	7.42	244.77	1.08
34	0.36	9.88	3.56	120.93	0.53
35	0.32	11.16	3.57	124.99	0.55
36	0.28	15.48	4.33	156.04	0.69
37	0.28	17.08	4.78	176.95	0.78
38	0.28	3.08	0.86	32.77	0.14
39	0.26	12.7	3.30	128.78	0.57
40	0.24	13.88	3.33	133.25	0.59
41	0.22	14.78	3.25	133.32	0.59
42	0.20	5.16	1.03	43.34	0.19
43	0.16	10.78	1.72	74.17	0.33
44	0.12	17.5	2.10	92.40	0.41
45	0.08	3.02	0.24	10.87	0.05
46	0.02	11.66	0.23	10.73	0.05

X= Edad de la cohorte de hembras (en días); lx= Supervivencia de las hembras en la cohorte a la edad X; mx= Promedio de fecundidad de las hembras por cohorte a la edad X; Tc= Tiempo medio generacional.

Tabla 14. Tabla de vida horizontal de *C. vicina*, obtenida a partir de hembras alimentadas con la dieta HL bajo condiciones de laboratorio.

X (días)	lx	mx	l _x m _x	x _l x _m x	T _c
1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0
16	0,96	8,6	8,26	132,10	2,80
17	0,92	6,38	5,87	99,78	2,12
18	0,9	8,64	7,78	139,97	2,97
19	0,9	8,64	7,78	147,74	3,13
20	0,88	6,42	5,65	112,99	2,40
21	0,88	6,42	5,65	118,64	2,52
22	0,84	10,54	8,85	194,78	4,13
23	0,84	10,54	8,85	203,63	4,32
24	0,8	6,42	5,14	123,26	2,61
25	0,8	6,42	5,14	128,40	2,72
26	0,8	6,42	5,14	133,54	2,83
27	0,8	6,42	5,14	138,67	2,94
28	0,74	14,46	10,70	299,61	6,35
29	0,72	10,88	7,83	227,17	4,82
30	0,72	10,88	7,83	235,01	4,98
31	0,72	10,88	7,83	242,84	5,15
32	0,72	10,88	7,83	250,68	5,32
33	0,72	10,88	7,83	258,51	5,48
34	0,7	10,12	7,08	240,86	5,11
35	0,7	10,12	7,08	247,94	5,26

36	0,7	10,12	7,08	255,02	5,41
37	0,64	31,66	20,26	749,71	15,90
38	0,62	7,02	4,35	165,39	3,51
39	0,62	7,02	4,35	169,74	3,60
40	0,6	19,82	11,89	475,68	10,09
41	0,6	19,82	11,89	487,57	10,34
42	0,6	19,82	11,89	499,46	10,59
43	0,6	19,82	11,89	511,36	10,84
44	0,6	19,82	11,89	523,25	11,10
45	0,58	6,12	3,55	159,73	3,39
46	0,58	6,12	3,55	163,28	3,46
47	0,58	6,12	3,55	166,83	3,54
48	0,56	1,74	0,97	46,77	0,99
49	0,52	8,78	4,57	223,71	4,74
50	0,5	13,06	6,53	326,50	6,92
51	0,5	13,06	6,53	333,03	7,06
52	0,48	17,56	8,43	438,30	9,29
53	0,48	17,56	8,43	446,73	9,47
54	0,48	17,56	8,43	455,16	9,65
55	0,48	17,56	8,43	463,58	9,83
56	0,48	17,56	8,43	472,01	10,01
57	0,48	17,56	8,43	480,44	10,19
58	0,48	17,56	8,43	488,87	10,37
59	0,48	17,56	8,43	497,30	10,55
60	0,48	17,56	8,43	505,73	10,72
61	0,44	19,88	8,75	533,58	11,32
62	0,4	7,24	2,90	179,55	3,81
63	0,38	23,96	9,10	573,60	12,16
64	0,38	23,96	9,10	582,71	12,36
65	0,38	23,96	9,10	591,81	12,55
66	0,36	18,94	6,82	450,01	9,54
67	0,36	18,94	6,82	456,83	9,69
68	0,36	18,94	6,82	463,65	9,83
69	0,34	14,6	4,96	342,52	7,26
70	0,32	3,84	1,23	86,02	1,82
71	0,3	6,58	1,97	140,15	2,97
72	0,26	31,26	8,13	585,19	12,41
73	0,22	17,56	3,86	282,01	5,98
74	0,22	17,56	3,86	285,88	6,06

75	0,22	17,56	3,86	289,74	6,14
76	0,2	5,24	1,05	79,65	1,69
77	0,2	5,24	1,05	80,70	1,71
78	0,2	5,24	1,05	81,74	1,73
79	0,18	7,74	1,39	110,06	2,33
80	0,16	23,84	3,81	305,15	6,47
81	0,16	23,84	3,81	308,97	6,55
82	0,16	23,84	3,81	312,78	6,63
83	0,14	4,78	0,67	55,54	1,18
84	0,14	4,78	0,67	56,21	1,19
85	0,14	4,78	0,67	56,88	1,21
86	0,14	4,78	0,67	57,55	1,22
87	0,12	4,46	0,54	46,56	0,99
88	0,1	5,08	0,51	44,70	0,95
89	0,08	35,14	2,81	250,20	5,31
90	0,08	35,14	2,81	253,01	5,37
91	0,08	35,14	2,81	255,82	5,42
92	0,08	35,14	2,81	258,63	5,48
93	0,08	35,14	2,81	261,44	5,54
94	0,04	13	0,52	48,88	1,04

X= Edad de la cohorte de hembras (en días); lx= Supervivencia de las hembras en la cohorte a la edad X; mx= Promedio de fecundidad de las hembras por cohorte a la edad X; Tc= Tiempo medio generacional.

Tabla 15. Parámetros reproductivos y poblacionales de *C. vicina*, obtenidos a partir de las tablas de vida horizontal con especímenes hembras alimentadas con cada una de las dietas seleccionadas.

PARÁMETROS	DIETA H	DIETA HL
Ro	226.23	465.45
Tc	22.18	47.15
Rm	0.24	0.13
Λ	1.27	1.13

H= Hígado; HL= Huevo-leche

5. DISCUSIÓN

Se evidenció que durante el proceso de colonización de *C. vicina*, el porcentaje de emergencia de adultos en las generaciones iniciales fue menor, sin embargo, éste aumentó en las generaciones posteriores. También se registró alta mortalidad en el paso de huevo a larva I durante las 6 generaciones en cada una de las dietas, viéndose más comprometidas F1-F2 debido a la baja producción de la cepa donde las hembras tuvieron oviposición reducida, este comportamiento ha sido descrito también en *L. sericata* [Firoozfar *et al.*, 2012], posiblemente pueda explicarse por el proceso de acondicionamiento que ocurre en las primeras generaciones teniendo en cuenta que se inicia con adultos colectados en el medio ambiente natural y no directamente de un insectario, en general, los individuos se adaptaron de forma óptima a las condiciones físicas, ambientales y nutricionales establecidas en el insectario, hasta su evolución a una cepa colonizada con un excelente rendimiento.

Por otro lado, en relación con el establecimiento y mantenimiento de una colonia, se han definido algunos criterios para establecer el desarrollo óptimo y/o ineficiente de una colonia de insectos, así por ejemplo, Loureiro *et al.*, [2005], reportaron en *P. intermutans* (Diptera: Sarcophagidae) que el porcentaje ideal de emergencia de adultos estuvo cercano al 60% y fue suficiente para garantizar una buena continuidad y desarrollo de la colonia. En este sentido, el porcentaje de emergencia obtenido en el presente estudio se registró mayor a éste, lo cual indica una eficiente contribución de los adultos al crecimiento exponencial de la colonia. Contrario a lo anterior, Estrada *et al.*, [2009] obtuvieron con la especie *C. albiceps* un porcentaje de emergencia inferior al 34%, siendo demostrativo de un bajo rendimiento de la colonia y posiblemente pueda estar relacionado con el uso de dietas u otros factores inadecuados para este fin.

En cuanto al registro del porcentaje promedio de emergencia de los adultos de *C. vicina*, éste fue mayor al reportado en la especie *S. magellanica* (Pinilla *et al.*, 2013), lo que posiblemente significa que aunque pertenecen a la misma familia, *C. vicina*, se adaptó mejor a los parámetros ambientales y nutricionales durante el proceso de desarrollo biológico, que incluye la participación de cada uno de los estados y estadios de desarrollo. Probablemente esta capacidad adaptativa también pueda estar relacionada con la flexibilidad de la mosca para integrarse a los diferentes hábitats naturales en donde esta especie se encuentra distribuida, los cuales incluyen la región holártica y neotropical con variabilidad de ecosistemas y climas [Byrd & Castner, 2009; Baz *et al.*, 2007; Jadav & Sathe, 2014], que predispone genéticamente a los especímenes a integrarse a los ambientes más diversos [Byrd & Castner, 2009].

El análisis del ciclo de vida de *C. vicina*, en el presente trabajo, registró una menor duración en la dieta natural, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Estrada *et al.*, [2009], Loureiro *et al.*, [2005] y Mendoca *et al.*, [2009], quienes también reportaron esta situación en las especies *C. albiceps*, *P. intermutans*, *C. megacephala* y *C. putoria* cuando se alimentaron con dieta natural; cabe resaltar que las condiciones ambientales de los insectarios donde fueron criadas estas especies son muy similares a las empleadas durante la realización del presente estudio, por tal razón la disminución en el tiempo de duración del ciclo biológico de *C. vicina*, posiblemente esté relacionado con las grandes cantidades de los componentes nutricionales aportados por la dieta, tales como hidratos de carbono, proteínas, vitaminas y hormonas del hígado, además de su acción como un filtro a impurezas y toxinas que viajan a través de la sangre o productos procesados que generan un ritmo acelerado en el desarrollo del insecto, afectando de este modo la asimilación de los nutrientes que son fundamentales para la supervivencia [Estrada *et al.*, 2009].

Al comparar las dos dietas artificiales se pudo evidenciar que aunque la dieta HP presentó un mayor ciclo de vida, la dieta HL condujo una mayor eficiencia en el mantenimiento de las 6 generaciones de *C. vicina*, específicamente en una mayor oviposición y un alto número de individuos que exitosamente pasan de un estadio a otro durante su ciclo de desarrollo biológico, siendo similar a lo observado en *S. magellanica* [Pinilla *et al.*, 2013], *L. sericata* [Tachibana & Numata, 2001; Pinilla *et al.*, 2010] y *C. megacephala* [Mendoca *et al.*, 2009], lo que indica que esta dieta de tipo artificial puede usarse en diferentes especies conservando resultados similares. Por otro lado, la eficiencia de la dieta podría estar también relacionada con la cantidad y el contenido nutricional presente en la albúmina, la cual es indispensable para el desarrollo biológico de los dípteros e igualmente el colesterol de la leche, que constituye un precursor de la ecdisteroides (hormona sexual y de muda en insectos), como elemento vital para el crecimiento óptimo del estadio larval [Zhang *et al.*, 2009]; por lo tanto, el uso de esta dieta, en condiciones de laboratorio, no sólo contribuye a la conservación de la colonia, sino que además evita la presencia de especies microbianas oportunistas, el mal olor y la contaminación generados, por ejemplo, al ser comparada con la descomposición de tejidos animales [Sherman & Tran, 1995].

Más recientemente, el trabajo efectuado con la especie *C. vicina* por Dehkordi *et al.*, [2014], a partir de muestras tomadas en el Viejo Mundo, las cuales fueron criadas usando hígado de pollo y carne de res como fuente alimenticia, mostraron valores levemente menores en la duración de cada fase y estadios del ciclo de vida de esta mosca respecto a los obtenidos en el presente estudio empleando la dieta H. Cabe resaltar que las condiciones medio ambientales del insectario fueron similares en los dos estudios.

Los parámetros poblacionales (R_0 , r , λ), son mayores cuando los individuos son alimentados con dieta artificial HL, indicando que son elementos nutricionales de vital

importancia para su desarrollo reproductivo y además intervienen en el crecimiento poblacional [Pinilla *et al.*, 2013], mientras que el tiempo que tarda de una generación a otra las dos dietas tardan el mismo tiempo, lo cual indica que las dietas artificiales podrían ser reemplazadas por las dietas a base de tejido animal [Sherman & Tran, 1995]. Estos parámetros demográficos son indicadores de la aptitud que obtuvo la población principalmente con la dieta HL, y por tanto son criterios adecuados para comparar los estados fisiológicos y nutricionales de otras especies de la familia Calliphoridae [Martínez *et al.*, 2009].

Al analizar la longevidad de los adultos se pudo establecer en el presente trabajo que hubo mayor duración en aquellas moscas alimentadas con HL y HP, esta misma tendencia, fue observada en *C. megacephala* [Mendoca *et al.*, 2009] y en *L. sericata* [Tachibana & Numata, 2001] lo cual podría explicarse principalmente por el alto contenido de grasa y proteínas presentes en la dieta HL (grasas 20.68 calorías/g; proteínas 9.08 calorías/g) y HP (grasas 8.1 calorías/g; proteínas 16.8 calorías/g), sustancias que son importantes en el desarrollo, supervivencia y la reproducción de los individuos y eventualmente por la dificultad que presentan las larvas para extraer la cantidad de nutrientes necesarios para su desarrollo [Mendoca *et al.*, 2009].

Al tomar la longevidad de los sexos, se pudo determinar que las hembras, a diferencia de los machos tuvieron una longevidad mayor en las tres dietas evaluadas; posiblemente esta situación se encuentre en dependencia con el tiempo que necesitan las hembras para madurar sus ovarios y generar descendencia, según Barret *et al.*, [2008], el equilibrio generado entre la longevidad y la reproducción son características importantes de la historia de vida, por lo tanto se espera que tanto hembras como machos presenten mecanismos por los cuales los requerimientos para la reproducción y supervivencia puedan ser equilibrados a optimizar la aptitud en un entorno determinado,

es decir, que cuando las condiciones no favorecen la reproducción ahorran la energía de esta actividad para aumentar la supervivencia. Estos resultados también fueron encontrados en *L. sericata* [Rueda *et al.*, 2010] y *S. magellanica* [Pinilla *et al.*, 2013].

Lo registrado en este estudio, en relación con el tamaño de los estadios inmaduros de *C. vicina*, concuerda con lo reportado por Pinilla *et al.*, [2013], quienes también encontraron mayor tamaño en los estadios de la mosca *S. magellanica* cuando se les suministró HL. Esta situación favorable podría explicarse gracias al alto contenido nutricional presente en la dieta mencionada, en este caso el colesterol y la albúmina. Sukhapanth *et al.*, [1988] observaron con otras especies de dípteros como *C. megacephala*, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) y *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae), que el tipo de alimento ingerido es un factor clave en la determinación del crecimiento y supervivencia de los estadios inmaduros.

En el presente estudio con *C. vicina*, al igual que lo establecido para *S. magellanica*, [Pinilla *et al.*, 2013], las dietas HL y H produjeron individuos de mayor tamaño en relación con la dieta HP, siendo mas efectiva en cuanto a tamaño la dieta HL (Tabla 9). Según Mendoca *et al.*, [2009], estos hallazgos podrían estar en relación con la distribución de los componentes calóricos de cada dieta, que juegan un papel importante en la reproducción (fecundidad y desarrollo de ovarios). Por otro lado, Green *et al.*, [2003] reportaron en *Phormia regina* (Diptera: Calliphoridae) que el tamaño también puede variar de acuerdo con la densidad poblacional cuando en estadios larvales, debido a la competencia por espacio y alimento. Otro factor, como la falta de efectividad de la dieta HP en el desarrollo larval y crecimiento de los adultos podría estar relacionado con la baja concentración de agar, lo que puede conducir a una consistencia más líquida del sustrato y como consecuencia una afectación en la

oviposición y el crecimiento larval, tal como fue reportado para *L. sericata* y *L. cuprina* [Zhang *et al.*, 2009].

En otro contexto diferente, según Bonduriansky [2007], el dimorfismo sexual, en cuanto al tamaño, podría estar determinado por la abundancia de recursos en el ambiente, con la participación de genes de los especímenes que afectarían la eficiencia en que se asimilan los recursos o también a procesos evolutivos que podrían conferir ventajas corporales a individuos del mismo sexo. La proporción de sexos tiene implicaciones importantes en el crecimiento de la población, debido a que el número de hembras en un momento dado tiene un efecto significativo sobre la composición de la próxima generación [Feinberg & Pimentel, 1966; Serra *et al.*, 2007]. Estudios previos realizados en colonias bajo condiciones de laboratorio, han reportado un número mayor de hembras en *L. sericata* [Pinilla *et al.*, 2010] y *S. magellanica* [Pinilla *et al.*, 2013]. En este estudio se encontró mayor proporción de hembras, resultados que coinciden con los reportados por López [2011] en especies como *Comptosomyiops verena* (Diptera: Calliphoridae), *Roraimomusca roraima* (Diptera: Calliphoridae), *C. nigribasis*, *C. vicina* y *L. sericata*. A pesar de las diferentes afirmaciones sobre el tema, aún no se tiene claridad sobre los factores que influyen en la cantidad de uno u otro sexo, López, [2011] sugirió que la proporción de sexos de los califóridos puede variar de acuerdo con algunos factores tales como; la alimentación recibida por las moscas durante su etapa inmadura, a la presencia de hembras o machos heterogaméticos y la densidad poblacional, mientras que Alonzo & Sinervo, [2007] propusieron que la selección sexual antagónica puede favorecer la asignación adaptativa de la proporción de sexos y que a su vez podría depender del genotipo de la pareja de la hembra y también del control de la hembra sobre la elección de su pareja. Más recientemente, Duffy *et al.*, [2014], sugirieron que la determinación o asignación del sexo puede estar relacionada con el conflicto intralocus sexual, el cual tiene implicaciones importantes en otros fenómenos

como son la especiación, evolución de cromosomas sexuales, regulación de la expresión génica y selección sexual.

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla de vida vertical, se pudo evidenciar una probabilidad de supervivencia similar en todas las etapas del desarrollo, con base en las tres dietas evaluadas, lo cual significa que a pesar de las diferencias en la cantidad y calidad de nutrientes, principalmente proteínas, grasa y carbohidratos, éstos no tuvieron, en general, un impacto desigual y diferenciador en la tasa de natalidad y mortalidad. Tampoco, se afectó la asimilación de los nutrientes tomados por los especímenes a partir de las dietas evaluadas, lo cual condujo a la adaptabilidad con un rendimiento óptimo en el establecimiento y mantenimiento de las colonias. Es relevante el hecho del uso de dietas artificiales que produjeron óptimos resultados en el presente estudio, a diferencia de lo reportado por Sanei-Dehkordi *et al.*, [2014], donde la mayor supervivencia de individuos se dio con una dieta natural. Otros autores, contrariamente, obtuvieron mejor resultado de supervivencia usando la dieta HL en la evaluación biológica de *L. sericata* y *S. magellanica* [Zhang *et al.*, 2009; Pinilla *et al.*, 2013]. Así mismo, Abou Zied *et al.*, [2003] y Rueda *et al.*, [2010], observaron un porcentaje de supervivencia más alto en *C. megacephala* y *L. sericata* cuando los especímenes fueron alimentados con las dietas H y HP, las cuales incluyen las características naturales y sintéticas respectivamente. Por otro lado, se observó un porcentaje de mortalidad (qx) mayor en el estadio LI para las dietas evaluadas, la posible causa de esta situación pudo estar relacionada con la competencia intraespecífica por el alimento debido a la elevada densidad de individuos [Green *et al.*, 2003] y probablemente por la degradación del sustrato nutritivo, generada por algunos microorganismos [González, 1987]. En cuanto a la esperanza de vida (ex), los valores máximos obtenidos en el estadio larval I fueron 5.32, 5.99 y 4.66 correspondientes a las dietas H, HL y HP respectivamente, por lo tanto, se esperaría que los individuos en este estadio vivieran en promedio el doble del tiempo, mientras que en la fase adulta esta variable

disminuye, hecho que ocurre probablemente con la inversión en tiempo que dedican aquellos individuos a la reproducción.

Teniendo en cuenta las curvas de supervivencia de los individuos para las dietas H, HL y HP, se observó el mismo comportamiento, es decir, un descenso de esta variable en los estadios LI y en estado adulto y una supervivencia constante en los estadios LII, LIII y el estado de pupa, lo cual permitió caracterizarla como una curva ecológica tipo III, que generalmente la exhiben aquellos organismos que ovipositan una cantidad numerosa de huevos y al final solo unos pocos sobreviven, siendo coincidente con los resultados de Rueda *et al.*, [2010] y Pinilla *et al.*, [2013], quienes registraron a individuos de *L. sericata* y *S. magellanica* alimentados con la dieta HL con un número alto de mortalidad en los estadios inmaduros y, contrario a lo que observaron Dehkordi *et al.*, [2014], una curva de tipo II, donde la mortalidad y supervivencia fueron constantes en todos los estadios del desarrollo.

Las hembras que fueron alimentadas con la dieta HL, exhibieron un número de oviposiciones mayor que aquellas a las que se les suministró dieta H, estos resultados son similares a los reportados por Kamal [1958] en la especie *Calliphora vomitoria* a temperatura de 27°C y alimentados con hígado bovino (540 – 720 huevos y 180 huevos diarios/hembra) y más altos que los reportados en *L. cuprina* [Abou-Zied *et al.*, 2003] a 29°C. Por otro lado, el periodo de preoviposición observado en las dos dietas (H y HL), está en el rango reportado para *C. vomitoria* (8 - 15 días) alimentados con hígado bovino [Kamal, 1958] y mayor al obtenido en *Cochliomyia hominivorax* (4 días) [Abou-Zied *et al.*, 2003] también alimentados con hígado bovino. En cuanto a los parámetros reproductivos y poblacionales la dieta HL duplicó el valor R_0 de la dieta H, lo cual indica que las dos poblaciones se encuentran en crecimiento [Rueda *et al.*, 2010], pero fue mayor en aquellas poblaciones que se alimentaron con dieta artificial, los valores de tiempo generacional (T_c) y tasa de incremento natural (r_m) son altos en la dieta artificial, significando que estas últimas especies tienen una mayor duración entre una y otra descendencia, infiriéndose, por lo tanto, un metabolismo relativamente más lento en el

consumo de los nutrientes que se traduce en ciclos de vida igualmente más extendidos en el tiempo. Por último, el valor en la tasa finita de crecimiento (λ) son similares en las dos dietas evaluadas (H y HL), y al igual que el presente trabajo, en *L. cuprina* [Abou-Zied *et al.*, 2003] reportaron un valor de 1.27, por lo tanto, es evidente que el parámetro es consistente y tipifica un valor óptimo desde el punto de vista reproductivo. Sin embargo, los valores de los diferentes parámetros poblacionales de *C. vicina* en el presente trabajo son mucho más altos que los reportados para *L. cuprina*, *C. megacephala* y *Synthesiomyia nudiseta* (Diptera: Muscidae) [Abou-Zied *et al.*, 2003; Gabre *et al.*, 2005; Aruna *et al.*, 2011], lo cual indica que *C. vicina* presenta un crecimiento sostenido, posiblemente gracias a los componentes nutricionales que se encargan del desarrollo del ciclo ovárico y de la regulación hormonal que ayuda a la maduración de los oocitos [Browne, 2001]. El incremento de estos parámetros, puede ser el resultado principalmente de la tasa de selección (r_m). Según Gotoh [1986], la disponibilidad de los recursos alimenticios y la temperatura [Aruna *et al.*, 2011], pueden imponer una ventaja selectiva a genes que codifican para el aumento de la capacidad reproductiva, además estas diferencias entre especies se pueden explicar porque r_m es un parámetro que se encuentra genéticamente determinado en una especie particular [Rabinovich, 1980a].

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente trabajo, se establecen las siguientes conclusiones:

Los ingredientes de las dietas fueron suficientes y adecuados para el completo desarrollo de *C. vicina* bajo condiciones de laboratorio, sin embargo cuando los individuos fueron criados con la dieta HL, estos mostraron mayor tamaño, oviposición y desendencia.

Con la implementación de las dos dietas sintéticas se consiguió minimizar la liberación de olores desagradables y gases producto de la descomposición generados por la proliferación de microorganismos, comparado con el uso de sustratos tradicionales como órganos y tejidos animales los cuales generan problemas de contaminación que pueden interferir en el establecimiento y mantenimiento de una colonia bajo condiciones de laboratorio.

Las tablas de vida y las curvas de supervivencia de los insectos, reflejaron comportamientos similares en las tres dietas analizadas y por consiguiente presentaron una tasa de mortalidad semejante.

Se encontró que en las tres dietas evaluadas, el mayor porcentaje de mortalidad entre los diferentes estadios del ciclo de vida se presentó en el paso de huevo a larva I.

La capacidad reproductiva de los insectos y los parámetros poblacionales analizados mostraron valores relativamente altos, lo cual demuestra el crecimiento continuo poblacional a través de las diferentes generaciones obtenidas en condiciones del insectario, posibilitando su mantenimiento como cepa colonizada.

7. RECOMENDACIONES

Considerando que la dieta HP cambiaba de estado de semisólido a líquido por acción de la temperatura del insectario, se recomienda aumentar la concentración de agar para que la dieta sea más compacta.

Se recomienda estudiar el uso de factores de crecimiento, tales como vitamina B12, levadura y germen de trigo, con el fin de aumentar la supervivencia y reproducción de especies de importancia médica.

Diseñar una metodología en la cual se evite la competencia por alimento y espacio con el fin de establecer los mejores parámetros para criar estas especies en masa.



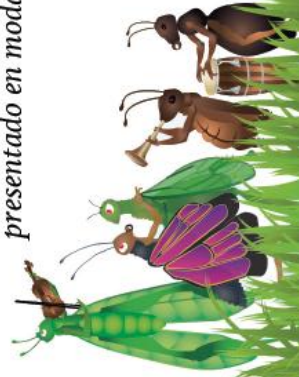
La Sociedad Colombiana de Entomología certifica que:

Cindy Pérez

participó como expositor del trabajo:

*Estudio del ciclo biológico y tabla de vida de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae),
cepa bogotá, bajo condiciones de laboratorio*

*presentado en modalidad Oral en el 41 Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología,
realizado en Cali del 15 al 18 de julio de 2014*



Patricia Chacón de Ulloa

162 Patricia Chacón de Ulloa
Presidenta Comité Organizador

Jonathan Rodríguez G.
Secretario Comité Organizador

BIBLIOGRAFÍA

1. AAK, A., BIRKEMOE, T. & LEINAAS, H. Phenology and life history of the blowfly *Calliphora vicina* in stockfish production áreas. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, vol. 139, p. 35-46.
2. ABOU-ZIED, E.; GABRE, R. & CHI, H. Life table of the australian sheep blow fly *Lucilia cuprina* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). *Egyptian Journal of Zoology*, 2003, vol. 41, p. 29-45.
3. ACATITLA, C., BAUTISTA, N., VERA, J., ROMERO, J., & CALYECAS, H. Ciclo biológico y tasas de su-Ciclo biológico y tasas de supervivencia y reproducción de *Copitarsia incommoda* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) en cinco dietas artificiales diferentes. *Agrociencia*, 2004, vol. 38, p. 355-363.
4. AFRANE, Y., ZHOU, G., LAWSON, B., GITHEKO, A. & YAN, G. Life-table analysis of *Anopheles arabiensis* in western Kenya highlands: Effects of land covers on larval and adult survivorship. *American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 2007, vol. 77, no. 4, p. 660-666.
5. AMAT, E., VÉLEZ, M. & WOLFF, M. Clave ilustrada para la identificación de los géneros y las especies de califóridos (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Caldasia*, 2008, vol. 30, no. 1, p. 231-244.
6. ARAGHI, M., ESKANDARI, F. & GILASIAN, E. Avian wound myiasis caused by *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy (Diptera: Calliphoridae) in an immature migrating eastern imperial eagle (*Aquila heliaca* Savigny) (Aves: Accipitridae) in southwestern Iran. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 2015, vol. 6, p. 212.
7. ARUNA, A., ABU, A., KUMARA, T. & CHE, M. Life table of *Synthesiomyia nudiseta* (Van der Wulp) (Diptera: Muscidae) under uncontrolled laboratory environments – a preliminary study. *Tropical Biomedicine*, 2011, vol. 28, no. 3, p. 524-530.

8. BARRATT, B., FERGUSON, C., HEATH, A. & LOGAN, R. Relative abundance and seasonality of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera), potential vector of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) in the South Island of New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 2001, vol. 28, p. 417-428.
9. BAZ, A., CIFRIÁN, B., DÍAZ, L. & MARTÍN, D. The distribution of adult blow-flies (Diptera: Calliphoridae) along an altitudinal gradient in Central Spain. *Annales de la Société Entomologique de France*, 2007, vol. 43, no. 3, p. 289-296.
10. BEGON, M., HARPER, J. & TOWNSEND, C. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. 2 ed. Barcelona: Omega, 1999. 1172 p.
11. BELLO, F., HERRERA, G., SANDOVAL, J., ESCOVAR, J., RUÍZ, M. & CORENA, M. Colonization of *Ochlerotatus taeniorhynchus* from Riohacha, Colombia. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 2005, vol. 21, no. 1, p. 28-32.
12. BONDURIANSKY, R. The evolution of condition-dependent sexual dimorphism. *The American Naturalist*, 2007, vol. 169, no. 1, p. 9-19.
13. BROWNE, L. Quantitative aspects of the regulation of ovarian development in select anautogenous Diptera: integration of endocrinology and nutrition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, vol. 100, p. 137-149.
14. BYRD, J. & CASTNER, J. *Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations*. Chapter 1: General Entomology and Insect Biology. 2 ed. United States: CRC, Press, Inc. 2009. 17-38 p.
15. CAMACHO, G. Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclo vital de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora, utilizando cerdo blanco (*Sus scrofa*) en Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología*, 2005, vol. 31, no. 2, p. 189-197.

16. CARVALHO, M. Temperature requirements of *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819) (Diptera: Calliphoridae) under laboratory conditions. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1996, vol. 91, no. 6, p. 785-788.
17. COURTNEY, G., PAPE, T., SKEVINGTON, J. & SINCLAIR, B. Biodiversity of diptera. Insect Biodiversity Science and Society, 1 ed. Wiley-Blackwell, 2009. 185-222 p.
18. DA SILVA, A., DOS SANTOS, C., LACERDA, R., SANTA ROSA, E., DE SOUZA, R., GALIZA, D., SUCUPIRA, I., CONN, J. & PÓVOA, M. Laboratory Colonization of *Anopheles aquasalis* (Diptera: Culicidae) in Belém, Pará, Brazil. Journal of Medical Entomology, 2006, vol. 43, no. 1, p. 107-109.
19. DAVIES, L. & RATCLIFFE, G. Development rates of some preadult stages in blowflies with reference to low temperatures. Medical and Veterinary Entomology, 1994, vol. 8, p. 245–254.
20. DEFILIPPO, F., BONILAURI, P. & DOTTORI, M. Effect of temperature on six different developmental landmarks within the pupal stage of the forensically important blowfly *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae). Journal of Forensic Sciences, 2013, vol. 58, no. 6, p. 1554-1557.
21. DEHKORDI, A., KHAMESIPOUR, A., AKBARZADEH, K., AKHAVAN, A., RASSI, Y., OSHAGHI, M., MIRAMIN-MOHAMMADI, A., ESKANDARI, S. & RAFINEJAD, J. Experimental colonization and life table of the *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae). Journal of Entomology and Zoology Studies, 2014, vol. 2, no. 6, p. 45-48.
22. DELHAES, L., BOUREL, B., SCALA, L., MUANZA, B, DUTOIT, E., WATTEL, F., GOSSET, D., CAMUS, D. & DEI-CAS, E. Case report: recovery of *Calliphora vicina* first-instar larvae from a human traumatic wound associated with a progressive necrotizing bacterial infection. American Society of Tropical Medicine and Hygiene, 2001, vol. 64, no. 3-4, p. 159-161.

23. DONOVAN, T. & WELDEN, C. Spreadsheet exercises in ecology and evolution. Part II. 2 ed. USA: Sinauer Associates, Inc. 2002. 163 p.
24. DUFFY, E., JOAG, R., RADWAN, J., WEDELL, N. & HOSKEN, D. Inbreeding alters intersexual fitness correlations in *Drosophila simulans*. *Ecology and Evolution*, 2014, vol. 4, no. 17, p. 3330-3338.
25. ESCOVAR, J., BELLO, F., MORALES, A., MONCADA, L. & CÁRDENAS, E. Life tables and reproductive parameters of *Lutzomyia spinicrassa* (Diptera: Psychodidae) under laboratory conditions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 2004, vol. 99, no. 6, p. 603-607.
26. ESTRADA, D., GRELLA, M., THYSSEN, C. & LINHARES, A. Taxa de desenvolvimento de *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) em dieta artificial acrescida de tecido animal para uso forense. *Neotropical Entomology*, 2009, vol. 38, no. 2, p. 203-207.
27. FEINBERG, E. & PIMENTEL, D. Evolution of increased "female sex ratio" in the blowfly (*Phaenicia sericata*) under laboratory competition with the housefly (*Musca domestica*). *The American Naturalist*, 1996, vol. 100, no. 912, p. 235-244.
28. FIGUEROA-ROA, L. & LINHARES, A. Sinantropía de los Calliphoridae (Diptera) de Valdivia, Chile. *Neotropical Entomology*, 2002, vol. 31, no. 2, p. 233-239.
29. FIROOZ FAR, F., MOSA, S., SHEMSHAD, K., BANIARDALANI, M., ABOLHASANI, M., BIGLARIAN, A., ENAYATI, A. & RAFINEJAD, J. Laboratory colonization of *Lucilia sericata* Meigen (Diptera: Calliphoridae) strain from Hashtgerd, Iran. *Journal of Vector Borne diseases*, 2012, vol. 49, p. 23-26.
30. FISCHER, O., MATLOVA, L., DVORSKA, L., BARTL, J., WESTON, R. & PAVLIK, I. Blowflies *Calliphora vicina* and *Lucilia sericata* as passive vectors of *Mycobacterium*

avium subsp avium, *M.a. paratuberculosis* and *M.a. hominissuis*. Medical and Veterinary Entomology, 2004, vol. 18, no. 2, p. 116-122.

31. FLÓREZ, E. & WOLFF, M. Descripción y clave de los estadios maduros de las principales especies de Calliphoridae (Diptera) de importancia forense en Colombia. Neotropical Entomology, 2009, vol. 38, no. 3, p. 418-429.

32. FREMDT, H., AMENDT, J. & ZEHNER, R. Diapause-specific gene expression in *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) a useful diagnostic tool for forensic entomology. International Journal of Legal Medicine, 2014, vol. 128, no. 6, p. 1001-1011.

33. GABRE, R., ADHAM, F. & CHI, H. Life table of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). Acta Oecologica, 2005, vol. 27, p. 179-183.

34. GETACHEW, S., GEBRE, T., ERKO, B., BALKEW, M. & MEDHIN, G. Non-biting cyclorrhaphan flies (Diptera) as carriers of intestinal human parasites in slum areas of Addis Ababa, Etiopia. Acta Tropica, 2007, vol. 103, p. 186-194.

35. GILLOTT, C. Entomology. Chapter 11: The Integument. 3 ed. Holland: Springer, 2005. 831 p.

36. GOMES, L., GOMES, G. & ZUBEN, C. The influence of temperature on the behavior of burrowing in larvae of the blowflies, *Chrysomya albiceps* and *Lucilia cuprina*, under controlled conditions. Journal of Insect Science, 2009, vol. 9, no. 14, available online: insectscience.org/9.14.

37. GONZÁLEZ, L. Tabla de vida para *Phoracantha semipunctata* Fab (Col. Cerambycidae). Perforador de los eucaliptos, en el Sudoeste español. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 1987, vol. 13, p. 283-301.

38. GOTELLI, N. A primer of ecology. Chapter 3: Age-structured population growth. 3ed. Massachusetts : Sinauer Associates, Inc., 2001. 546 p.

39. GOTOH, T. Life- history parametres of the hawthorn spider mite, *Tetranychus viennensis* Zacher (Aracnia: Tetranychudae), on deciduous oak. Applied Entomology and Zoology, 1986, vol. 21, no. 3, p. 389-393.
40. GREEN, P., SIMMONDS, M. & BLANEY, W. Diet nutriment and rearing density affect the growth of black blowfly larvae, *Phorimia regina* (Diptera: Calliphoridae). European Journal of Entomology, 2003, vol. 100, p. 39-42.
41. GRIMALDI, D. & ENGEL, M. Evolution of the insect. 3 ed. New York: Cambridge University Press, 2005. 755 p.
42. HAMITY, M., ZAMAR, I. & NEDER, L. Tabla de vida y fecundidad de *Gargaphia torresi* Costa Lima (Hemiptera: Tingidae) sobre girasol. IDESIA (Chile), 2006, vol. 24, no. 1, p. 37-40.
43. HARCOURT, D. The development and use of life tables in the Study of natural insect populations. Annual Review of Entomology , 1969, vol. 14, p. 175-196.
44. HAYES, E., WALL, R., & SMITH, K. Mortality rate, reproductive output, and trap response bias in populations of the blowfly *Lucilia sericata*. Ecological entomology, 1999, vol. 24, p. 300 - 307.
45. HOSHINO, K., ISAWA, H., TSUDA, Y. & KOBAYASHI, M. Laboratory Colonization of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Calliphoridae) collected in Narita, Japan and the biological properties of the established colony. Japanese journal of infectious diseases, 2010, vol. 63, p. 401-404.
46. JADAV, D. & SATHE, T. Altitudinal diversity of forensic blowflies (Diptera: Calliphoridae) of Western Ghats (Maharashtra). Journal Forensic 2014, vol. 5, no. 6, p. 1-4.

47. KAMAL, A. Comparative study of thirteen species of sarcosaprophagous Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) I. Bionomics. Annals of the Entomological Society of America, 1958, vol. 51, no. 3, p. 261-271.
48. KOSMANN, C., PINTO DE MELLO, R., HARTEBREITEN, É. & PUJOL, J. A list of current valid blow fly names (Diptera: Calliphoridae) in the Americas South of Mexico with key to the Brazilian species. EntomoBrasilis, 2013, vol. 6, no. 1, p. 74-85.
49. LA ROSSA, F. & KAHN, N. Dos programas de computadora para confeccionar tablas de vida de fertilidad y calcular parámetros biológicos y demográficos en áfidos (Homoptera: Aphidoidea). Revista de Investigaciones Agropecuarias, 2003, vol. 32, p. 127-132.
50. LEUCONA, R., CRESPO, D. & ROSSA, F. Populational parameters of *Spalangia endius* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) on pupae of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) treated with two strains of *Beauveria bassiana* (Bals). Vuil. (Deuteromycetes). Neotropical Entomology, 2009, vol. 36, no. 4, p. 537-541.
51. LÓPEZ, M. Moscas Califóridas (Diptera: Calliphoridae) de interés forense asociadas a ambientes urbanos de Bogotá (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2011.
52. LOUREIRO, M., OLIVEIRA, V. & ALMEIDA, J. Desenvolvimento pós-embrionário de *Pattonella intermutans* (Thomson) (Diptera: Sarcophagidae) em diferentes dietas. Revista Brasileira de Entomologia, 2005, vol. 49, no. 1, p. 127-129.
53. MANN, R. & KAUFMAN, P. Colonization of *Lutzomyia shannoni* (Diptera: Psychodidae) utilizing an artificial blood feeding technique. Journal of vector ecology, 2009, vol. 35, no. 2, p. 286-294.
54. MARILUIS, J. & PERIS, S. Datos para una sinopsis de los Calliphoridae neotropicales. Eos, 1984, vol. 60, p. 67-86.

55. MARTÍNEZ, E., DUQUE, P. & WOLFF, M. Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. *Forensic Science International*, 2007, vol. 166, p. 182-189.
56. MARTÍNEZ, M., DUARTE, L. & CEBALLOS, M. Biología y tabla de vida vertical de *Diaeretiella rapae* McIntosh en condiciones de laboratorio. *Revista de protección vegetal*, 2013, vol. 28, no. 1, p. 23-26.
57. MCALPINE, J., PETERSON, B., SHEWELL, G., TESKEY, H., VOCKEROTH, J. & WOOD, D. *Manual of Nearctic Diptera. Volume 2. Chapter 106: Calliphoridae.* Shewell, G. 3 ed. Canada:Research Branch. 1987. 1326 p.
58. MENDONÇA, P., CARVALHO, M. & D'ALMEIDA, J. Rearing *Chrysomya megacephala* on artificial diets composed of varying concentrations of albumina. *Brazilian Archives of Biology and Technology an International Journal*, 2009, vol. 52, no. 2, p. 421-426.
59. NARANYANAN, S., PAPE, T., WIEGMANN, M. & MEIER, R. Molecular phylogeny of the Calyptratae (Diptera: Cyclorrhapha) with an emphasis on the superfamily Oestroidea and the position of Mystacinobiidae and McAlpine's fly. *Systematic Entomology*, 2010, vol. 35, p. 614-635.
60. NIEDEREGGER, S., WARTENBERG, N., SPIESS, R. & MALL, G. Influence of food substrates on the development of the blowflies *Calliphora vicina* and *Calliphora vomitoria* (Diptera: Calliphoridae). *Parasitology research*, 2013, vol. 112, p. 2847-2853.
61. NIRMALA, X., HYPISA, V. & ZUROVEC, M. Blackwell Science Ltd Molecular phylogeny of Calyptratae (Diptera: Brachycera): the evolution of 18S and 16S ribosomal rDNAs in higher dipterans and their use in phylogenetic inference. *Insect Molecular Biology*, 2001, vol. 10, no. 5, p. 475-485.

62. OLAYEMI, I. & ANDE, T. Life table analysis of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) relation to malaria transmission. *Journal of Vector Borne Diseases*, 2009, vol. 46, p. 295-298.
63. OLEA, S. & MARILUIS, J. The genus *Calliphora* (Diptera: Calliphoridae) in Argentina, with the first records of *C. lopesi* Mello 1962. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 2013, vol. 72, no. 1-2, p. 99-104.
64. PAPE, T., WOLFF, M. & AMAT, E. Los califóridos, éstridos, rinofóridos y sarcófagidos (Diptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) de Colombia. *Biota colombiana*, 2004, vol. 5, no. 2, p. 201-208.
65. PEARL, R. & PARKER, S. Experimental studies on the duration of life. IX. New life tables for *Drosophila*. *American Naturalist*, 1921, vol. 58, p. 71-82.
66. PEARL, R., PARK, T. & MINER, J. Experimental studies on the duration of life. XVI. Life tables for the flour beetle *Tribolium confusum* Duval. *American Naturalist*, 1924, vol. 75, p. 5-19.
67. PINILLA, T., ACUÑA, Y., CORTES, D., DÍAZ, A., SEGURA, A. & BELLO, F. Características del ciclo de vida de *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae) sobre dietas diferentes. *Revista U. D. C. A Actualidad & Divulgación Científica*, 2010, vol. 13, no. 2, p. 153-161.
68. PINILLA, Y., PATARROYO, M. & BELLO, F. *Sarconesiopsis magellanica* (Diptera: Calliphoridae) life-cycle, reproductive and population parameters using different diets under laboratory conditions. *Forensic Science International*, 2013, vol. 233, p. 380-386.
69. PITTS, K. & WALL, R. Adult mortality oviposition rates in field and captive populations of the blowfly *Lucilia sericata*. *Ecological Entomology*, 2004, vol. 29, no. 6, p. 727-734.

70. RABINOVICH, J. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Capítulo 5: Mortalidad y tablas de vida. Capítulo 8: Parámetros poblacionales. 1 ed. México : Continental S.A. 1980a. 121 p.
71. RABINOVICH, J. Valor reproductivo: Un parámetro poblacional útil en el control de insectos perjudiciales. Acta Biológica de Venezuela, 1980b, vol. 8, no. 1, p. 25-34.
72. ROGNES, K. The Calliphoridae (Blowflies) (Diptera: Oestroidea) are not a monophyletic group. Cladistics, 1997, vol. 13, p. 27–68.
73. ROSA, G., COSTA, M., CORRENTE, J., SILVEIRA, L. & GODOY, W. Population dynamics, life stage and ecological modeling in *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). Neotropical Entomology, 2011, vol. 40, no. 2, p. 181-189.
74. RUEDA, L. ORTEGA, L., SEGURA, N., ACERO, V. & BELLO, F. *Lucilia sericata* strain from Colombia: Experimental Colonization, life tables and evaluation of two artificial diets of the blowfly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae), Bogotá, Colombia strain. Biological Research, 2010, vol. 43, p. 197-203.
75. SAMUNG, Y., PALAKUL, K., APIWATHNASORN, C., PRUMMONGKOL, S., ASAVANICH, A. & LEEMINGSAWAT, S. Laboratory colonization of *Mansonia* mosquitoes with an emphasis on *Ma. annulata* and *Ma. bonnea*. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 2006, vol. 37, no. 4, p. 656-661.
76. SAUNDERS, D. & HAYWARD, S. Geographical and diapause-related cold tolerance in the blow fly, *Calliphora vicina*. Journal of insect Physiology, 1998, vol. 44, p. 541-551.
77. SERRA, H., VON, F., VON, C. & REIS, S. Sex ratio and dynamic behavior in populations of the exotic blowfly *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae). Brazilian Journal of Biology, 2007, vol. 67, no. 2, p. 347-353.

78. SHERMAN, R. & TRAN, J. A simple, sterile food source for rearing the larvae of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Medical and Veterinary Entomology*, 1995, vol. 9, p. 393-398.
79. Sukhapanth, N., Suchart, E. & Ketavan, C. 1988. Effects of food and media on egg production, growth and survivorship of flies (Diptera: Calliphoridae, Muscidae and Sarcophagidae). *Journal of the Science Society of Thailand* 14: 44-50.
80. SZPILA, K., PAPE, T. & RUSINEK, A. Morphology of the first instar of *Calliphora vicina*, *Phormia regina* and *Lucilia illustris* (Diptera, Calliphoridae). *Medical and Veterinary Entomology*, 2008, vol. 22, p. 16–25.
81. TACHIBANA, S. & NUMATA, H. An artificial diet for blow fly larvae, *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae). *Japanese Society of Applied Entomology and Zoology*, 2001, vol. 36, no. 4, p. 521-523.
82. TASHIRO, H. Colonization of the grass webworm, *Herpetogramma licarsisalis*, and its adaptability for laboratory test. *Proceedings, Hawaiian Entomological Society*, 1977, vol. 22, no. 3, p. 533-539.
83. TRIGO, V. Descripción de las larvas II, III y el pupario de *Comptosomyiops fulvicrura* (Diptera: Calliphoridae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 2006, vol. 65, no. 1-2, p. 87-99.
84. UJVARI, B., WALLMAN, J., MADSEN, T., WHELAN, M. & HULBERT, A. Experimental studies of blowfly (*Calliphora stygia*) longevity: A Little dietary fat is beneficial but too much is detrimental. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 2009, vol. 154, p. 383-388.
85. WHITWORTH, T. Claves para géneros y especies de moscas califóridas (Diptera: Calliphoridae) de América al Norte de México. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 2006, vol. 108, no. 3, p. 689-725.

86. WHITWORTH, T. Identification of Neotropical blow flies of the genus *Calliphora* Robineau-Desvoidy (Diptera: Calliphoridae) with the description of a new species. *Zootaxa*, 2012, vol. 3209, p. 1-27.
87. WILBUR, H. Complex Life Cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1980, vol. 11, p. 67-93.
88. WILLIGES, E., FARAJOLLAHI, A., SCOTT, J., MCCUISTON, L., CRANS, W. & GAUGLER, R. Laboratory colonization of *Aedes japonicus japonicus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 2008, vol. 24, no. 4, p. 591-593.
89. ZHANG, B., NUMATA, H., MITSUI, H. & GOTO, G. A simple, heat-sterilizable artificial diet excluding animal-derived ingredients for adult blowfly, *Lucilia sericata*. *Medical and Veterinary Entomology*, 2009, vol. 23, p. 443-447.