

INFLUENCIA DE LUZ ARTIFICIAL NOCTURNA Y DE VARIABLES
AMBIENTALES EN LA OVIPOSICIÓN DE DÍPTEROS NECRÓFAGOS (FAMILIA
CALLIPHORIDAE) DE IMPORTANCIA FORENSE EN EL MUNICIPIO DE
CHACHAGÜÍ, VEREDA EL CHORRILLO

DIANA CAROLINA GRANJA HINESTROZA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE BIOLOGIA
SAN JUAN DE PASTO
2008

INFLUENCIA DE LUZ ARTIFICIAL NOCTURNA Y DE VARIABLES
AMBIENTALES EN LA OVIPOSICIÓN DE DíPTEROS NECRÓFAGOS (FAMILIA
CALLIPHORIDAE) DE IMPORTANCIA FORENSE EN EL MUNICIPIO DE
CHACHAGÜÍ, VEREDA EL CHORRILLO

DIANA CAROLINA GRANJA HINESTROZA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo

Director
Esp. GUILLERMO CASTILLO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
SAN JUAN DE PASTO
2008

Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor. Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1996, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Director

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, Octubre de 2008

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, mi hermano y a toda mi familia, por su apoyo incondicional que hizo que este proyecto fuera posible.

A la Doctora Nancy Carrejo, de la Universidad del Valle por haberme orientado en el inicio del planteamiento de este proyecto.

A mi asesor Guillermo Castillo, por su paciencia, apoyo, sugerencias y aportes durante todo el proceso del trabajo.

Al Especialista Eduardo Amat del Instituto Alexander von Humboldt por su colaboración en la identificación de los especímenes.

A mis Jurados Jhon Jairo Calderón y Jorge Salazar por su tiempo, disponibilidad aportes y recomendaciones.

A Luz Marina Granja y Jaime Guerrero por el préstamo de las instalaciones de su finca para realizar este trabajo.

A Mabel Delgado y a Liliana Hidalgo, por su amistad, compañía incondicional, por su apoyo durante la fase de campo y por el material bibliográfico.

A Marian, Anny y Diego por su tiempo, aportes y por el registro fotográfico.

A Mauricio Rodríguez, Auxiliar del Laboratorio de Entomología de la universidad de Nariño por su colaboración en el préstamo de material de laboratorio.

Y finalmente a mis amigos de la U: Analú, Melissa, Zayda, Caro, Galo; a todos gracias por su amistad incondicional, por cada uno de los momentos compartidos y por todo lo que aprendí de ustedes y junto a ustedes. Asimismo a mis compañeros que de una u otra forma me dieron su apoyo y sus palabras de aliento en el momento oportuno. Gracias!!!

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	17
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
2. ANTECEDENTES	19
3. FUNDAMENTO TEÓRICO	22
3.1. CARACTERÍSTICAS DE CALLIPHORIDAE	23
3.2. OVIPOSICIÓN DE CALLIPHORIDAE	26
3.3. FACTORES QUE AFECTAN LA OVIPOSICIÓN	27
3.3.1 Luz y sombra	27
3.3.2 Temperatura	28
3.3.3 Humedad	29
3.3.4 Estímulos químicos	29
3.3.5 Feromonas	30
3.3.6 Ritmos circadianos	30
4. MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1 FASE DE CAMPO	31
4.1.1 Pre-muestreo	31
4.1.2 Área de estudio	31
4.1.3 Montaje	33

4.1.4 Modelo experimental	33
4.1.5 Monitoreos	33
4.1.6 Cámaras de Cría	34
4.1.7 Fijación y Conservación	34
4.2 FASE DE LABORATORIO	34
4.2.1 Estados inmaduros	34
4.2.3 Adultos	35
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
5. RESULTADOS	37
6. DISCUSIÓN	44
7. CONCLUSIONES	51
8. RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS	58

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Lista preliminar de especies de Calliphoridae reportadas para Colombia	25
Tabla 2. Oviposiciones de <i>L. eximia</i> registradas en el sitio A	41
Tabla 3. Oviposiciones de <i>L. eximia</i> registradas en el sitio B	41
Tabla 4. Duración y longitud de los estados preimaginales en <i>L. eximia</i> en el sitio de estudio a una temperatura promedio de 21°C	42

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 y 2. Ubicación del atrayente en la jaula de protección en el Sitio A durante el día y la noche	32
Figura 3. Ubicación del atrayente en la jaula de protección en el Sitio B durante el día	32
Figura 4. Diseño de las cámaras de cría utilizadas durante el experimento	35
Figura 5. Fijación y conservación de larvas, pupas y adultos en frascos de vidrio etiquetados	35
Figura 6. Adulto de <i>L. eximia</i> en el hígado	38
Figura 7. Racimo de huevos de <i>L. eximia</i> en los pliegues del hígado	38
Figura 8. Número de oviposiciones de <i>L. eximia</i> registradas por hora durante todo el muestreo	39
Figura 9. Oviposiciones de <i>L. eximia</i> durante los meses de muestreo en ambos sitios	39
Figura 10. Temperatura y humedad relativa promedio por horas en el mes de junio y oviposiciones registradas	40
Figura 11. Temperatura y humedad relativa promedio por horas en el mes de julio y oviposiciones registradas	40
Figura 12. Huevos depositados por <i>L. eximia</i>	42
Figura 13. Larvas en tercer instar de <i>L. eximia</i>	43
Figura 14. Espiráculos posteriores de <i>L. eximia</i>	43
Figura 15. Pupas de <i>L. eximia</i>	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Medio de cría	pág. 58
Anexo B. Familia Sarcophagidae	58
Anexo C. Pupas de Sarcophagidae	59
Anexo D. Adulto de Sarcophagidae	59

GLOSARIO

ENTOMOLOGÍA FORENSE: es el estudio de los insectos y otros artrópodos relacionados a los cadáveres, como herramientas forenses para datar decesos y en muchos casos estimar causas y lugar del evento.

ESTADÍO PREIMAGINAL: corresponde a todos los estadios anteriores al adulto: huevos, larvas y pupas.

FEROMONA: sustancias químicas que actúan como mensajeras, influyendo sobre el comportamiento de otros individuos de la misma especie.

FOTOPERIODO: duración de los periodos diarios de luz y oscuridad a los que están sometidos los organismos.

FOTÓTROFO: organismos que se estimulan con la luz.

HEMBRA GRÁVIDA: hembra preparada para desovar.

HIGRORECEPTORES: receptores microscópicos que permiten percibir cambios en la humedad del entorno.

INSTAR: termino adoptado del inglés para referirse a cada uno de los estados larvales que presentan los dípteros.

INTERVALO POST-MORTEM (PMI): Estimación de la fecha del deceso a partir de datos entomológicos.

LARVA: estado inmaduro de un insecto que se da entre el estado de huevo y el estado de pupa.

MIASIS: estado infeccioso provocado por larvas de moscas que penetran en el cuerpo y parasitan en el, especialmente en las heridas y en las mucosas.

NEÁRTICA: relativo a la parte septentrional de América.

NECRÓFAGO: organismo que se alimenta directamente de la materia en descomposición.

OVÍPARO: animales que producen huevos que eclosionan después de ser expulsados del cuerpo de la madre.

OVIPOSICIÓN: expulsión de los huevos en especies ovíparos.

PROPLEURA: cada una de las caras laterales de un segmento.

PUPA: estadio de transformación metamórfica, usualmente inmóvil, que ocurre entre el ultimo estado larval y el estado adulto.

PUPARIO: cubierta en forma de barril formada por el endurecimiento de la cutícula.

RITMOS CIRCADIANOS: patrones de actividad que duran aproximadamente un día.

SARCOSAPRÓFAGO: organismos que se alimentan de materia en descomposición.

SUCESIÓN: sustitución o adición de especies necrófilas.

TERMORECEPTORES: receptores microscópicos que permiten percibir cambios en la temperatura.

VIVÍPARO: se refiere a hembras que ponen larvas vivas y no huevos.

RESUMEN

Calliphoridae agrupa a dípteros de hábitos necrófagos, considerados como los indicadores forenses más precisos en la estimación del Intervalo Post Mortem (PMI), ya que en condiciones favorables son los primeros insectos en localizar y ovipositar en un cuerpo en descomposición, por lo tanto, para realizar una estimación más precisa del PMI es esencial conocer el tiempo exacto en el que ocurre la oviposición y las condiciones medioambientales que pueden influir sobre este proceso. El presente estudio tuvo como objetivo, conocer el efecto que tiene tanto la luz solar como la luz artificial sobre la respuesta ovipositoria de Calliphoridae y determinar si la luz artificial estimula a las hembras a ovipositar en la noche, para esto se utilizó como atrayente trozos de hígado de res, los cuales se sometieron a los diferentes tratamientos: durante el día a luz solar, y en la noche a luz artificial y ausencia de luz, el experimento se llevó a cabo en la vereda el Chorrillo, Municipio de Chachagüí durante los meses de Junio y Julio del 2006. La especie encontrada en el sitio de estudio fue *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1819) que presentó una actividad diurna, el total de sus oviposiciones se registraron durante el día, la luz artificial utilizada durante la noche no fue un factor estimulante para que las hembras de esta especie realizaran sus puestas. En este estudio se presenta los horarios de oviposición, los rangos de temperatura y humedad relativa favorables para la oviposición diurna y las posibles variables que podrían retardar el proceso. Finalmente se hace referencia a la duración del ciclo de vida de *L. eximia*, bajo las condiciones ambientales que presenta la zona de muestreo, esto con el fin de contribuir a futuras investigaciones en el campo de la entomología forense.

Palabras claves: Calliphoridae, *Lucilia eximia*, necrófago, oviposición, entomología forense.

ABSTRACT

Calliphoridae is a dipterous family with necrophagous habits, which is considered the most precise indicator in the estimation of post mortem interval (PMI), due to in favorable conditions, this family is the first insects that localized and oviposit in a corpse. Therefore to make an estimation of PMI is important to know the time of oviposition and the environment conditions which could influence this process. The objective of this study was know the effect of the sunlight and the artificial light in the oviposition of Calliphoridae. Furthermore, determine if the artificial light stimulates females flies to oviposit at night. Therefore, pieces beef liver was used as baited in three treatments: during the day with sunlight, at night with artificial light and without light. This research carried out in the vereda el Chorrillo, Chachagüí municipality during June and July of 2006. *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1819) was the specie identified, all of its ovipositions were registered in the day while at night, the artificial light was not a stimulating factor makes flies oviposit. In this paper its present the oviposition schedule temperature and humidity as favourable factors for oviposition and variables that could delay this process. Finally, is described the life cycle of *L. eximia* in relation to the environment conditions of the area of study in order to contribute with subsequent researches in the forensic entomology field.

Key Words: Calliphoridae, *Lucilia eximia*, necrophagous, oviposition, forensic entomology.

INTRODUCCIÓN

En los estudios forenses, el uso de insectos necrófagos como indicadores biológicos para la determinación del Intervalo Post-mortem (PMI), es cada vez mas frecuente sobre todo en cadáveres en estado avanzado de descomposición, en casos de muertes violentas o cuando las circunstancias y/o el lugar de la muerte son desconocidas. Una de las familias más empleadas para resolver este tipo de casos es Calliphoridae, debido a que las hembras son las primeras en acudir a depositar sus huevos y el proceso de desarrollo de las larvas se lleva a cabo sobre los cuerpos en descomposición; es decir si se conoce el tiempo exacto de oviposición de una especie determinada y el tiempo de desarrollo de estos insectos, se puede determinar el tiempo transcurrido desde la muerte. Sin embargo el desconocimiento de los patrones de actividad y de los posibles factores que puedan influir en la actividad de las moscas podría retrasar o estimular el proceso de oviposición, lo que conllevaría a hacer una estimación errónea del PMI.

Las especies de Calliphoridae cumplen un papel muy importante en la estimación del PMI gracias a sus particulares características, sin embargo, existen pocos estudios sobre su actividad y oviposición. La mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo en países de Norteamérica, Europa e India; tanto en ambientes naturales como en condiciones controladas de laboratorio. Los resultados obtenidos son contradictorios y su posible oviposición nocturna aun sigue en debate, mientras autores como Greenberg¹, Singh & Bharti's² y Kirkpatrick³ apoyan la existencia de la oviposición nocturna, especialmente en condiciones de alta temperatura y alta humedad, otros como Tessmer et al⁴, Spencer⁵, Baldrige et al⁶, Amendt et al⁷ y Wooldridge et al⁸, están en desacuerdo planteando que la actividad de las moscas en condiciones naturales solo puede ser diurna.

¹GREENBERG, B. Nocturnal oviposition behavior of blow flies (Calliphoridae). En : Journal Medical Entomology. Vol. 27, No. 5 (1990); p. 807-810. Citado por: KIRKPATRICK, Ryan. Nocturnal light and temperature influences on necrophagous carrion- associating blow fly species (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance in Central Texas. Texas, 2004, p. 7. Thesis (Master of Science). Texas A&M University.

²SINGH, Devinder and BHARTI, Meenakshi. Further observations on the nocturnal oviposition behavior of blowflies (Diptera: Calliphoridae). En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p. 124-126.

³KIRKPATRICK, Op. cit., p. 44.

⁴TESSMER, J.; MEEK, C. and WRIGTH, V. Circadian patterns of oviposition by necrophilous flies (Diptera: Calliphoridae) in Southern Louisiana. En : Southwestern Entomologist. Vol. 24 (1995); p. 439-445. Citado por: SINGH and BHARTI, Op. cit., p.124.

⁵SPENCER, Julie. The nocturnal oviposition behaviour of blowflies in the southwest of Britain during the months of august and September. London, 2002, 69 p. Thesis (Master of Entomology). Bournemouth University. School of Conservation Sciences.

⁶BALDRIDGE, Robert; WALLACE, Susan and KIRKPATRICK, Ryan. Investigation of nocturnal oviposition by necrophilous flies in Central Texas. En : Journal Forensic Science. Vol. 51, No. 1 (2006); p. 125-126.

⁷AMENDT, J.; ZEHNER, R. and RECKEL, F. The nocturnal oviposition behaviour of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Central Europe and its forensic implications. En : Forensic Science International. (2007); p. 1-4.

Ya que en Colombia no hay publicaciones científicas puntuales sobre el proceso de oviposición en Calliphoridae y teniendo en cuenta la gran importancia de esta familia en las ciencias forenses, en este estudio se presenta aportes sobre las condiciones medioambientales que afectan la actividad y oviposición de una de las especies claves en la Entomología forense, *L. eximia*, bajo condiciones de luz natural y artificial en un ambiente natural en un intervalo de 24 horas, también expone las horas del día en que se presenta con mayor frecuencia la oviposición, datos que contribuirían a la estimación de un PMI más acertado. Para este experimento se utilizó como atrayente hígado de res el cual fue expuesto en el ambiente a los diferentes tratamientos: luz solar, luz artificial y ausencia de luz, en dos sitios con características similares tanto en horas diurnas como en horas nocturnas, los muestreos se realizaron durante los meses de junio y julio del 2006.

En cuanto a la contribución de esta investigación en el campo de la Entomología forense para el Departamento de Nariño, mas exactamente para el Municipio de Chachagüí es la ampliación del reporte de las especies necrófagas locales, su actividad ovopositoria en ambientes naturales, además del conocimiento acerca de la duración de los diferentes estados de la metamorfosis en las especies encontradas, observaciones que son aplicables en las ciencias forenses para la estimación de un PMI más preciso que el logrado con los métodos forenses tradicionales. Además en la mayoría de casos se convierten en una herramienta de gran utilidad ya que permiten recopilar información acerca del lugar y las circunstancias de la muerte, posicionándose sin duda como una técnica complementaria en el esclarecimiento de sucesos criminales y de total aplicabilidad en el Sistema Penal Acusatorio implantado recientemente en Colombia.

⁸WOOLDRIDGE, J.; SCRASE, L. and WALL, R. Flight activity of the blowflies, *Calliphora vomitoria* and *Lucilia sericata*, in the dark. En : Forensic Science International. (2007); p. 1-4.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la luz artificial nocturna y de factores ambientales en la oviposición de dípteros necrófagos de la familia Calliphoridae de importancia forense en el corregimiento del Chorrillo Municipio de Chachagüí.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✦ Determinar el horario de oviposición de individuos de la familia Calliphoridae en un intervalo de 24 horas.
- ✦ Evaluar la precisión de Calliphoridae como indicadores forenses en un intervalo de 24 horas.
- ✦ Describir el ciclo de vida *in vitro* de las especies de Calliphoridae encontradas.

2. ANTECEDENTES

Las moscas han sido utilizadas como herramientas forenses desde el siglo XIII, según se documenta en un Manual de Medicina Legal Chino al referirse a un caso de homicidio en el que apareció un aldeano degollado por una hoz, para resolverlo hicieron que todos los campesinos de la zona, depositaran sus hoces en el suelo, al aire libre, observando que solo a una de ellas acudían las moscas, lo que llevó a concluir que el dueño de dicha hoz debía ser el asesino, pues las moscas eran atraídas por los restos de sangre que habían quedado adheridos al “arma” del crimen⁹. Siglos más tarde, el primer Occidental que comenzó a utilizar los insectos como indicadores forenses, fue Bergeret¹⁰ en 1855 afirmando que la aglomeración de éstos en los cuerpos indicaba su estado de descomposición.

Por otra parte, se ha aceptado que las moscas son usualmente diurnas y relativamente inactivas en la noche¹¹, no obstante, este asunto aun sigue en discusión, uno de los primeros en sugerir la posibilidad de que moscas especialmente de la familia Piophilidae podrían ovipositar en la oscuridad fue Motter¹² en el año de 1898, al observar la presencia de *Piophilidae casei* en tumbas que estaban a seis pies de profundidad lo que se convirtió en un valioso aporte para futuras investigaciones en otras familias de dípteros. Décadas más tarde, en 1951, observaciones hechas por Green¹³ demostraron que la actividad nocturna también ocurría en Calliphoridae al notar que en los mataderos la actividad de vuelo y la oviposición de *Calliphora* ocurrían en la noche, mientras que en el género *Lucilia* era durante el día. Ya en 1990 Greenberg¹⁴ propuso que *Calliphora vicina* (Robineau- Desvoidy), *Phormia regina* (Meigen) y particularmente *Lucilia sericata* (Meigen) podían ovipositar ocasionalmente en los restos putrefactos durante la noche. Por otra parte Tessmer et al¹⁵ en 1995 realizaron un estudio en

⁹CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA. (9º : 2000 : Zaragoza). [en línea]. Zaragoza (España): Memorias del IX Congreso Ibérico de Entomología, Julio 2000 [citado Junio del 2004]. Disponible en internet: <http://www.accesosis.es/~entomologialegal/>.

¹⁰BERGERET, M. Infanticida, momification du cadavre. Decouverte du cadáver d'un enfant nouveau-ne dans une cheminee ou il setait momife. Determination de l'epoque de la naissance par la presence de nymphes et de larves d'insects dans e cadáver et par l'etude de leurs metamorphoses. En : Ann. Hyg. Med. Leg. Vol. 4 (1855); p. 442-452. Citado por: HALL, R. Medicocriminal Entomology. En : CATTS, Paul and HASKELL, Neal. Entomology and death: a procedural guide. Clemson, South Carolina : Joyce's print Shop, 1990. p. 3. ISBN 0-9628696-0-0.

¹¹PAYNE, J. A. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. En : Ecology. Vol. 46 (1965); p. 592-602. Citado por: WOOLDRIDGE; SCRASE and WALL, Op. cit., p. 1.

¹²MOTTER, M. G. A contribution to the study of the fauna of the grave. A study of one hundred and fifty disinterments, with some additional experimental observations. En : Journal of the New Cork Entomological Society. Vol. 6 (1898); p. 201-223. Citado por: SMITH, Kenneth. A Manual of Forensic Entomology. Ithaca, New York : Cornell University Press, 1986. p. 92. ISBN 0-8014-1927-1.

¹³GREEN, A. A. The control blowflies infesting slaughterhouses. 1. Field observations on the habits of the blowflies. En : Annals applied Biology. Vol. 38 (1951); p. 475-494. Citado por: SMITH, Op. cit., p. 103.

¹⁴GREENBERG, Op. cit. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 7.

¹⁵TESSMER; MEEK and WRIGTH, Op. cit. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 8.

el sur de Louisiana utilizando como fuente de luz artificial lámparas de vapor de sodio y de mercurio y concluyeron que la oviposición de moscas Calliphoridae no ocurría en la noche como lo había planteado Greenberg y que el proceso de oviposición se regía por los ritmos circadianos.

Posteriormente, en el 2001, Singh & Bharti¹⁶ en Patiala, India observan que especies de Calliphoridae como *Calliphora vicina* (Meigen), *Chrysomya megacephala* (Fab.), *Chrysomya rufifacies* (Macquart), depositaban sus huevos aun en ausencia de luz artificial apoyando la hipótesis de Greenberg. Un año más tarde en el suroeste Británico, Spencer¹⁷ llevo a cabo un experimento en un sitio totalmente aislado de luz artificial y propuso que la oviposición nocturna por parte de la familia Calliphoridae no se producía. En Texas en 2004, Kirkpatrick¹⁸ planteó que la oviposición nocturna de *Lucilia eximia* (Wiedemann) y *Cochliomyia macellaria* (Fabricius) puede darse bajo la combinación de ciertas condiciones como la presencia de luz artificial Halógena, baja presión atmosférica y temperaturas nocturnas mayores de 26°C. Sin embargo, en el 2006, en este mismo lugar Baldrige et al¹⁹, utilizando trozos de carne vacuna, cadáveres de cerdos o ratas tanto frescos como de 48 hrs de descomposición y como fuente de luz lámparas de vapor de mercurio registró que no había actividad ovipositoria nocturna por parte de estos insectos.

En el 2007 se publicaron dos estudios, el de Wooldridge et al²⁰, que demostró que la actividad de vuelo de *Calliphora vomitoria* y *Lucilia sericata*, disminuía en la oscuridad y en baja intensidad de luz en condiciones de laboratorio; y recientemente Amendt et al²¹, en Europa revela que la oviposición nocturna puede ocurrir en completa oscuridad en condiciones de laboratorio y a temperaturas de 25°C, pero no en condiciones naturales.

¹⁶SINGH and BHARTI, Op. cit., p. 124-126.

¹⁷SPENCER, Op. cit., p. 10.

¹⁸KIRKPATRICK, Op. cit., p. 44.

¹⁹BALDRIDGE; WALLACE and KIRKPATRICK, Op. cit., p. 125-126.

²⁰WOOLDRIDGE; SCRASE and WALL, Op. cit., p. 1-4.

²¹AMENDT; ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 1-4.

3. FUNDAMENTO TEORICO

En los cadáveres se produce una progresión sucesiva de artrópodos que utilizan los restos en descomposición como alimento y como extensión de su hábitat. Esta sucesión de artrópodos es predecible ya que cada etapa de la putrefacción de un cadáver atrae selectivamente a una especie determinada²². El conocimiento de esta sucesión es una herramienta importante en estudios forenses para estimar el intervalo desde la muerte, a partir de las especies de organismos encontradas en el cuerpo²³; el periodo comprendido entre la muerte de un individuo y el descubrimiento del cuerpo es conocido como Intervalo Post-mortem o PMI²⁴, se usa la sigla PMI del Inglés Post Mortem Interval, debido a que la sigla IPM como sería en Español puede confundirse con el Índice de Mortalidad Promedio utilizado en todo el mundo en el tema de control de plagas²⁵.

Cada grupo de artrópodos juega un rol dado en los diferentes estados de descomposición de la material orgánica, que se define por los hábitos alimenticios de sus miembros²⁶. La clasificación usual de la fauna sarcosaprófaga los divide dentro de cinco diferentes grupos ecológicos: necrófagos, los cuales arriban primero y se alimentan directamente del cuerpo; los necrófilos, los cuales se alimentan de los necrófagos ya sea por depredación o parasitismo; omnívoros, que se alimentan del cuerpo y la fauna asociada; oportunistas, que usan el cuerpo como refugio, fuente de calor, etc. y los incidentales, cuya presencia se debe a la casualidad²⁷.

Los necrófagos, representados por la familia Calliphoridae, son los primeros organismos en arribar a un cuerpo en descomposición²⁸ y son determinantes para establecer el tiempo de muerte²⁹, gracias a su complejo desarrollo que permite estimar con bastante exactitud, su edad y por lo tanto el tiempo que llevan en el

²²CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA, Op. cit.

²³CENTENO, Néstor; MALDONADO, Marcelo and OLIVA, Adriana. Seasonal patterns arthropods occurring on sheltered and un-sheltered pig carcasses in Buenos Aires Argentina. En : Forensic Science Internacional. Vol. 126 (2002); p. 63.

²⁴MARTINEZ, Efrain; DUQUE, Patricia and WOLFF, Marta. Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. En : Forensic Science International. Vol. 166 (2007); p. 182.

²⁵OLIVA, Adriana. Entomología Forense : La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses. [en línea]. Buenos Aires (Argentina): Consejo nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, s. f. [citado 24 de Abril, 2006]. Disponible en internet: <www.pericias-forenses.com.br/esento.html>.

²⁶BORNEMISSZA, G.F. An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. En : Australian Journal Zoology. Vol. 5 (1957); p. 1–12. Citado por: ARNALDOS, M. et al. Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. En : Forensic Science International. Vol. 149 (2005); p. 57.

²⁷ARNALDOS et al, Op. cit., p. 57-58.

²⁸WOLFF, Marta et al. A preliminary study of forensic entomology in Medellin, Colombia. En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p. 57.

²⁹SMITH, Op. cit., p. 13.

cuerpo³⁰; estos descomponedores de cadáveres, son muy influenciados por las condiciones ambientales³¹, cambian en función de la localidad geográfica, de la estación anual, del ambiente y de muchas otras variables³², lo que ayuda a proporcionar información fundamental sobre la fecha y circunstancias de la muerte³³ sobre todo cuando el tiempo transcurrido entre la muerte y el hallazgo de los restos es de semanas, meses o aún mayor, estos insectos son una de las evidencias más fuertes; así, la entomología forense puede ser el único medio para determinar el IPM³⁴.

Existen varios factores que pueden causar un retraso en la colonización de un cuerpo por parte de estos insectos tales como la lluvia, las bajas temperaturas o la inaccesibilidad al mismo, así mismo los patrones de actividad diurna y el comportamiento de la oviposición de la moscas durante la noche son dos aspectos importantes que todavía están en discusión³⁵. Generalmente las especies de Calliphoridae son consideradas como inactivas en la noche³⁶, como resultado, una víctima asesinada durante la noche no podría ser colonizada antes de la mañana siguiente, esto puede llevar un a considerar una discrepancia entre el cálculo del PMI y el actual tiempo de muerte superior a 12 horas³⁷.

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE CALLIPHORIDAE

Moscas por lo general azules o verdes con brillo metálico, se diferencian de las Sarcophagidae por tener dos setas notopleurales, las setas post-humerales colocadas lateralmente respecto a las presuturales, propleura y prosterno piloso y setas esternopleurales 2:1 ó 1:1³⁸. Su biología es muy variada: generalmente necrófagos, también los hay depredadores y parasitoides de caracoles y lombrices de tierra; algunos son huéspedes de termiteros; otros, de importancia médica y

³⁰OLIVA, Op. cit.

³¹GALANTE, E. y GARCÍA M. Detritívoros, Coprófagos y Necrófagos. En : Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa. Vol. 20 (1997); p. 57-64. Citado por: CASTILLO MIRALBES, Manuel. Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). Zaragoza : Sociedad Entomológica Aragonesa, 2002. v. 6, p.10. ISBN 84-922495-7-9.

³²CASTILLO, Op. cit., p. 5.

³³SOUZA, A. M. and LINHARES, A. X. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in Southeastern Brazil : relative abundance and seasonality. En : Medical and Veterinary Entomology. Vol.11 (1997); p. 8-12. Citado por: FIGUEROA-ROA, Luiz y LINHARES, Arício. Sinantropia de los Calliphoridae (Diptera) de Valdivia, Chile. En : Neotropical Entomology. Vol. 31, No. 2 (abr. – jun. 2002); p. 233.

³⁴ANDERSON, G.S. Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. En : BYRD, Jason and CASTNER, James. Forensic Entomology : the utility of arthropods in legal investigations. Boca Raton : CRC Press, 2001. p. 144. ISBN 0-8493-8120-7.

³⁵AMENDT; ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 1.

³⁶NUORTEVA, P. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. En : TEDESCHI, C.; ECKERT, L. and TEDESCHI, L. Forensic Medicine : a study in trauma and environmental. Philadelphia : Hazards, 1977. p. 1072-1095. Citado por: AMENDT; ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 1.

³⁷AMENDT; ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 1.

³⁸ROSSI, Gustavo et al. Dípteros vectores (Culicidae y Calliphoridae) en la provincia de Buenos aires Argentina. [en línea]. La Plata (Argentina): Comisión de Biodiversidad Bonarense, Junio 2002 [citado 26 de Septiembre, 2006]. Disponible en internet: <<http://www.vidasilvestre.org.ar/pdfs/dipteros-vectores-Bs-Asa.pdf#search=%22calliphoridae%22>>. ISSN 1514-284.

veterinaria, como las especies que producen miasis en aves y mamíferos, entre ellos al hombre³⁹.

Calliphoridae tiene un alto grado de asociación con el hombre, se alimenta y se desarrolla a partir de excretas, basura, materiales en descomposición y cadáveres de diversos tipos de animales⁴⁰. Los adultos requieren energía para volar, y consumen azúcares, que buscan en las flores o sobre frutas maduras y blandas, como las uvas. Las hembras requieren también proteínas para poner huevos fértiles; muchas veces las obtienen de las sustancias sobre las cuales depositan sus huevos⁴¹. La gran mayoría de las hembras de especies de Calliphoridae conocidas hasta ahora, son ovíparas a excepción de dos especies Europeas introducidas en Estados Unidos que son vivíparas y otra *Bellardia agilis* (Meigen) que se estableció en Nueva Jersey y estados contiguos⁴².

Tradicionalmente se menciona a éstos dípteros como los primeros colonizadores del cadáver, donde cumplen la mayor parte de su ciclo vital⁴³, además parecen ser los principales devoradores de los tejidos blandos y húmedos con un grado de descomposición menor⁴⁴; por lo tanto son considerados como los indicadores forenses más precisos en la determinación del intervalo post-mortem (PMI)⁴⁵.

Otras características de las moscas están relacionadas con su morfología y fisiología, como la capacidad de detectar el olor emanado por un cadáver a kilómetros de distancia y el tamaño pequeño que les facilita el acceso a casi cualquier lugar, ya sea un sótano, el baúl de un auto o una habitación cerrada, logrando ser las primeras en hallar un cadáver, su capacidad de volar les permite desplazarse a grandes distancias en tiempos relativamente cortos⁴⁶, cuando el sonido de su zumbido, es fuerte y continuo, usualmente indica la presencia de carroña en la zona⁴⁷.

La familia Calliphoridae tiene una amplia distribución, desde el extremo Norte continental, hasta Islas subantárticas; la mayor diversidad corresponde a la región

³⁹PAPE, Thomas; WOLFF, Marta y AMAT, Eduardo. Los califóridos, éstridos, rinofóridos y sarcófagidos (Diptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) de Colombia. En : Biota Colombiana. Vol. 5, No. 2 (2004); p. 201.

⁴⁰NUORTEVA, P. Synanthropy of blowflies (Diptera, Calliphoridae) in Finland. En : Ann. Entomol. Fennici Vol. 29 (1963); p. 1-49. Citado por: FIGUEROA-ROA y LINHARES, Op. cit., p. 234.

⁴¹OLIVA, Op. cit.

⁴²SHEWELL, G. E. Calliphoridae. En : FOOTE, Richard et al. Manual of Nearctic Diptera. Ottawa, Ontario : Biosystematics Research Centre, 1987. v. 2, p. 1135.

⁴³CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA, Op. cit.

⁴⁴WOLFF, et al. Op. cit., p. 57.

⁴⁵GRASSBERGER, Martin and REITER, Christian. Effect of temperatura on *Lucilia Sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special referente to isomegalen and isomorphen-diagram. En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p. 32.

⁴⁶SOHATH, Yusseff. Entomología Forense : los insectos en la escena del crimen. En : Revista Luna Azul. No. 23 (jul. - dic. 2006); p. 43.

⁴⁷SHEWELL, Op. cit., p. 1135.

Afrotropical, siendo América del Sur la que posee menor diversidad específica⁴⁸. Se presume que existen aproximadamente 1000 especies en el mundo, de las cuales solo 126 se encuentran en el Neotrópico⁴⁹. En Colombia, según la recopilación hecha por Pape, Wolff y Amat⁵⁰, se registran hasta el momento 29 especies agrupadas en cuatro subfamilias (tabla 1).

Tabla 1. Lista preliminar Especies de Calliphoridae reportadas para Colombia

Subfamilias	Especies
Mesembrinellinae	<i>Eumesembrinella quadrilineata</i> (Fabricius, 1805)
	<i>Huascaromusca aeneiventris</i> (Wiedemann, 1830)
	<i>Huascaromusca decrepita</i> (Séguy, 1925)
	<i>Mesembrinella apollinaris</i> (Séguy, 1925)
	<i>Mesembrinella bicolor</i> (Fabricius, 1805)
	<i>Mesembrinella umbrosa</i> (Aldrich, 1922)
Chrysomyinae	<i>Chloroprocta idioidea</i> (Robineau-Desvoidy, 1830)
	<i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819)
	<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1794)
	<i>Chrysomya rufifacies</i> (Macquart)
	<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius, 1775)
	<i>Cochliomyia hominivorax</i> (Coquerel, 1858)
	<i>Hemilucilia segmentaria</i> (Fabricius, 1805)
	<i>Hemilucilia semidiaphana</i> (Rondani, 1850)
	<i>Hemilucilia melusina</i> (Dear, 1985)
	<i>Paralucilia adespota</i> (Dear, 1985)
	<i>Paralucilia fulvicrura</i> (Robineau-Desvoidy, 1830)
	<i>Paralucilia fulvinota</i> (Bigot, 1877)
	<i>Sarconesiopsis chilensis</i> (Macquart, 1843)
<i>Chlorobrachycoma splendida</i> (Towsend, 1918)	
<i>Compsomyiops boliviana</i> (Mello, 1968)	
<i>Compsomyiops verena</i> (Walker, 1849)	
<i>Compsomyia melloi</i> (Dear, 1985)	
Calliphorinae	<i>Calliphora nigribasis</i> (Macquart, 1851)
Luciliinae	<i>Blepharicnema spendens</i> (Macquart, 1843)
	<i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann, 1830)
	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann, 1819)
	<i>Lucilia purpurescens</i> (Walker, 1837)
	<i>Lucilia sericata</i> , (Meigen, 1826)

Fuente: Pape, Wolff y Amat⁵¹

⁴⁸MARILUIS J. y MULIERI, P. Calliphoridae, Callifóridos. En : SALOMÓN, O. R. Artrópodos de interés médico en Argentina. Argentina : s. n, 2005. p. 97-100. (Serie Enfermedades transmisibles). Citado por: TRIGO, Verónica. Descripción de las larvas II, III y el pupario de *Compsomyiops fulvicrura* (Diptera: Calliphoridae). En : Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. Vol. 65, No. 1/2 (2006); p. 88. ISSN 0373-5680.87-99.

⁴⁹AMORIN, D.S. et al. Estado do conhecimento dos diptera neotropicais. Proyecto de red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática. En : COSTA, C.; VANIN, S. and LOBO, J.M. Monografías tercer milenio. Zaragoza : Sociedad Entomológica Aragonesa, 2002. v. 2. p. 29-36. Citado por: PAPE; WOLFF y AMAT, Op. cit., p. 201.

⁵⁰PAPE; WOLFF y AMAT, Op. cit., p. 203-204.

⁵¹Ibid.

Los géneros *Lucilia* y *Chrysomya* son considerados como los más importantes en la estimación de la duración del PMI en la Entomología forense⁵² aunque las especies pueden variar en abundancia de una región a otra en diferentes hábitats o estaciones⁵³.

3.2 OVIPOSICIÓN DE CALLIPHORIDAE

La atracción de los dípteros por los cuerpos putrefactos involucra un amplio rango de fases como la activación inicial, orientación y el aterrizaje que culminan con la postura⁵⁴. Cada fase requiere una combinación de señales visuales, olfatorias y táctiles⁵⁵. Bajo condiciones ecológicas favorables, las hembras de la familia Calliphoridae son atraídas rápidamente a los cadáveres después de la muerte⁵⁶, por los gases desprendidos por este, como el amoníaco (NH₃), el ácido sulfúrico (SH₂), el nitrógeno libre (N₂) y el anhídrido carbónico (CO₂)⁵⁷. Si hay acceso al cadáver los adultos se alimentaran de algunas secreciones, incluyendo sangre y la hembras grávidas rápidamente depositaran los huevos en este⁵⁸.

Calliphoridae pone sus huevos en los orificios naturales del cuerpo como boca, nariz, ojos y oídos⁵⁹ aunque no hay que descartar como lugar de puesta la zona de contacto del cuerpo con el sustrato, posiblemente porque en esa zona es donde se acumulan los fluidos corporales, lo que provee una humedad adecuada, así como una temperatura más estable⁶⁰. Se ha estimado que cada hembra puede colocar de 2000 a 3000 huevos en un período de tres semanas⁶¹. El número de huevos depende del estado nutricional de la hembra y de su tamaño corporal; existe una relación inversa entre el tamaño del huevo y el número de huevos por racimo⁶².

⁵²SMITH, Op. cit., p. 102.

⁵³LORD, Wayne. Case histories of the use of insects in investigations. En : CATTs and HASKELL, Op. cit., p. 11.

⁵⁴SPENCER, Op. cit., p. 12.

⁵⁵ASHWORTH, J.R. and WALL, R. Responses of the sheep blowflies *Lucilia sericata* and *L. Cuprina* to odour and the development of semiochemical baits. En : Medical and Veterinary Entomology. Vol. 8 (1994); p. 303-309. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 12.

⁵⁶BOUREL, Benoit et al. Flies eggs : a new method for the estimation of short-term post-mortem interval?. En : Forensic Science Internacional. Vol. 135 (2003); p. 27.

⁵⁷CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA, Op. cit.

⁵⁸DONOVAN, Sarah et al. Larval growth rates of the blowfly, *Calliphora vicina*, over a range of temperatures. En : Medical and Veterinary Entomology. Vol. 20 (2006); p. 106.

⁵⁹GREENBERG, B. Flies of Forensic Indicators. En : Journal of Medical Entomology. Vol. 28, No. 5. (1991); p. 566.

⁶⁰ANDERSON, G. and VANLAERHOVEN. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. En : Journal of Forensic Sciences. Vol. 41, No. 4 (1996); p. 617-625. Citado en: CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA, Op. cit.

⁶¹SMITH, Op. cit., p. 111.

⁶²GREENBERG. Flies as forensic Indicators. Op. cit., p. 566.

Los huevos de cada puesta, normalmente eclosionan todos a la vez⁶³, tienen un tamaño aproximado de 2 milímetros (mm); Calliphoridae presenta tres estados larvales: el primero tiene un tamaño de 5 mm, en el segundo 10 mm y en el tercer estado larval mide 17 mm aproximadamente. Al finalizar el tercer estado las larvas se mueven lejos del cuerpo, este estado se conoce como prepupa, y mide 12 mm de longitud. La prepupa gradualmente toma un color más oscuro con los días y pasa a ser pupa que mide 9 mm⁶⁴. En géneros como *Lucilia* y *Chrysomyia* que son activos a partir de los 13°C, los huevos pueden eclosionar entre las 10 y las 52 horas a partir de la puesta, la etapa larval dura entre 5 y 11 días y la pupación varía de forma importante ya que a unos 13°C dura entre 18 y 24 días mientras que a temperaturas de 31°C puede reducirse a entre 6 y 7 días⁶⁵.

3.3 FACTORES QUE AFECTAN LA OVIPOSICIÓN

Los principales factores que controlan la oviposición y la tasa de desarrollo de los insectos sarcosaprófagos son la temperatura y la humedad relativa⁶⁶. No obstante parece ser que los estímulos olfativos externos, los estímulos táctiles y sobre todo componentes endógenos de las hembras como el estado de desarrollo del ovario pueden influir de manera directa sobre el proceso⁶⁷. A continuación se explican algunos factores que pueden inhibir y/o estimular el proceso de oviposición en Calliphoridae.

3.3.1 Luz y sombra. Algunos insectos prefieren la luz, estos son fotótrofos positivos o pueden también evadirla y son llamados fotótrofos negativos. Esto puede afectar a los insectos presentes en un cadáver, por ejemplo uno de los géneros más comunes de Calliphoridae asociados a carroña, *Calliphora* prefiere condiciones de sombra y *Lucilia* por el contrario prefiere la luz solar⁶⁸. La luz es, sin duda, un factor fundamental que influye en su comportamiento, según Anderson⁶⁹ las moscas que están en constante oscuridad en un laboratorio y posteriormente son sometidas a la luz, se estimulan y comienzan a poner sus huevos. La cantidad e intensidad de luz pueden afectar directamente el desarrollo, la reproducción, oviposición y puede generar efectos indirectos en el desarrollo de

⁶³GOFF, M. L. and LORD, W.D. Entomotoxicology : a new area for forensic investigation. En : The American Journal of Forensic Medicine and Pathology. Vol. 1 (1994); p. 511-557. Citado en: CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA, Op. cit.

⁶⁴MILLER, Jon and NAPLES, Virginia. Forensic Entomology for the laboratory based biology classroom. En : The American Biology Teacher. Vol. 64, No. 2 (feb. 2002); p. 138.

⁶⁵CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA, Op. cit.

⁶⁶SMITH, Op. cit., p. 30.

⁶⁷WALL, R. and WARNES, M. L. Responses of the sheep blowfly *Lucilla sericata* to carrion odour and carbon dioxide. En : Entomologia experimentalis et applicata. Vol. 73 (1994); p. 239-246. Citado por: CASTILLO, Op. cit., p. 68.

⁶⁸SMITH, Op. cit., p. 31-33.

⁶⁹ANDERSON, Op. cit., p. 151.

los insectos⁷⁰. La iluminación artificial puede influir en la conducta locomotora y en la actividad reproductiva, ya que los insectos diurnos son atraídos por la luminosidad que simula el alba, mientras las especies nocturnas son estimuladas para descansar. Para las especies diurnas puede resultar ventajoso ser activo durante la noche bajo la luz artificial, ya que aumenta el tiempo de actividad sin embargo el riesgo de depredación también aumenta⁷¹.

3.3.2 Temperatura. La temperatura tiene un efecto directo sobre el ritmo metabólico y la tasa de desarrollo de los insectos⁷², ya sea durante la noche o durante el día juega un papel importante en la deposición, la eclosión de los huevos y el desarrollo de las larvas⁷³. Se ha registrado por ejemplo que Calliphoridae sólo puede ovipositar cuando el medio está cercano a temperaturas óptimas, debajo de 0°C, los adultos y las larvas pueden morir, sin embargo, cuando las larvas ingresan a las cavidades del cuerpo como ojos, nariz, oídos, se pueden desarrollar a bajas temperaturas ya que crean su propio calor⁷⁴. Salazar⁷⁵, observó en la fase de putrefacción activa, que la temperatura alcanzada por la masa larval era independiente de la temperatura ambiental, presentando un valor máximo de 36.5°C y superando en 14.8°C a la temperatura ambiental.

Por otro lado Cragg⁷⁶ sugiere que *L. sericata* normalmente no oviposita en los cadáveres con temperaturas superficiales menores de 30°C, la temperatura del cuerpo debe alcanzar un umbral requerido. Se ha observado también que a temperaturas por debajo de 12°C la actividad de vuelo se puede inhibir y a temperaturas muy elevadas se puede dificultar su oviposición⁷⁷ y además que los huevos de *Calliphora* a temperaturas debajo de 4°C no eclosionan, pero a una

⁷⁰FANTINO, Argyro; PERDIKIS, Dionysios and ZOTA, Konstantina. Reproductive responses to photoperiod and temperature by diapausing and nondiapausing populations of *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lepidoptera – Noctuidae). En : Physiological Entomology. Vol. 29 (2004); p. 170.

⁷¹LONGORE, Travis and RICH, Catherine. A review of the ecological effects of road reconfiguration and expansion on Coastal Wetland ecosystems. Los Angeles, California : The Urban Wildlands group, 2001. p. 4-5.

⁷²ANDREWARTHA, H. G. and BIRCH, L. C. The distribution and abundance of animals. Chicago : University of Chicago Press, 1954. Citado por: WELLS, Jeffrey and LAMOTTE, Lynn. Estimating the postmortem interval. En : BYRD and CASTNER, Op. cit., p. 265.

⁷³CATTS, Paul. Analyzing entomological data. En : CATTS and HASKELL, Op. cit., p. 127.

⁷⁴MANN, R. et al. Time since death and decomposition of the human body : variables and observations in case and experimental field studies. En : Journal of Forensic Sciences. Vol. 35 (1990); p. 103-111. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 14.

⁷⁵SALAZAR ORTEGA, Jorge. Estudio de la entomofauna sucesional asociada a la descomposición de un cadáver de cerdo doméstico (*Sus scrofa*) en condiciones de campo -Municipio de Consacá (Nariño). San Juan de Pasto, 2005, p. 57. Trabajo de grado (Biólogo con Énfasis en Ecología). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Biología.

⁷⁶CRAIG, J. B. The olfactory behaviour of *Lucilia* species (Diptera) under natural conditions. En : Annals of Applied Biology. Vol. 44 (1956); p. 467-477. Citado por: SMITH, Op. cit., p. 111.

⁷⁷NUORTEVA, P. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. En : Forensic Medicine : a study in trauma and environmental hazards. Vol. 2 (1977); p. 1072-1095. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 13.

temperatura de 6 a 7°C la eclosión de estos y el desarrollo de las larvas puede ocurrir normalmente⁷⁸.

3.3.3 Humedad. La humedad en un ambiente determinado debe ser favorable para la oviposición de las hembras de Calliphoridae cuyas larvas requieren alta humedad del medio para su desarrollo⁷⁹. Esto explica que las hembras de *L. cuprina* no ovipositan en restos en descomposición a menos que examinen primero con sus tarsos la humedad presente en el entorno, ya que esta tiende a minimizar el riesgo de muerte de su descendencia por la pérdida de agua⁸⁰. Las cerdas que presenta Calliphoridae en su exoesqueleto cumplen funciones como receptores de presión y humedad que les permiten percibir la condensación y humedad de aire, condiciones asociadas con la presión atmosférica⁸¹.

3.3.4 Estímulos químicos. Los necrófagos han desarrollado sistemas olfativos que son capaces de percibir olores o sustancias químicas que pueden estar presentes en cantidades mínimas y que no son percibidas por el olfato humano⁸². Para realizar la puesta las moscas son atraídas por las fermentaciones bacterianas internas de los cadáveres que desprenden dióxido de carbono, componentes volátiles amoniacales y azufre⁸³. El factor químico que estimula a las hembras a ovipositar se da por la presencia de compuestos ricos en amoníaco⁸⁴, especialmente sí otros adultos están presentes ya que el olor se acentúa por los jugos digestivos de estos⁸⁵. La familia Calliphoridae es atraída por un amplio rango de sustancias como carne, frutas, azúcares, heces, orina, etc. aunque no todos conducen a la oviposición. Ya desde 1921 se conocía que entre los comestibles aptos para consumo humano los más atractivos para la oviposición en orden de preferencia son: hígado crudo, riñón de cordero, carne de res ligeramente cocida. Los dípteros necrófagos prefieren ovipositar en sustancias que contengan proteínas animales especialmente globulinas y albúminas y que el mejor estímulo para la oviposición son los exudados y el plasma⁸⁶. Los olores de los tejidos en

⁷⁸NIELSEN, B. O. and NIELSEN, S. A. Schmeissfliegen (Calliphoridae) undvakuumverpackter Schinken. En : Anzeiger für Schadlingskunde Pflanzen-und Umweltschutz. Vol. 49 (1946); p. 113-115. Citado por: SMITH, Op. cit., p. 104.

⁷⁹HAINES, C.P. and RESS, D.P. A field guide to the types of insects and mites infesting cured fish. En : Fisheries Technical Paper. No. 303 (1989). Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 39.

⁸⁰BARTON, Browne. The choice of communal oviposition sites by the Australian sheep blowfly *Lucilia cuprina*. En : Australian Journal of Zoology. (1958); p. 241-247. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 16.

⁸¹ROMOSER, W.S. and STAFFOLANO, J.G. The science of entomology. 4 ed. Burr Ridge II : WCB/Mc Graw-Hill, 1998. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 38.

⁸²RODRIGUEZ, W.C. and BASS, W.M. Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. En : Journal of Forensic Sciences. Vol. 30, No. 3 (1985); p. 839. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 19.

⁸³ASHWORTH and WALL, Op. cit. Citado por: CASTILLO, Op. cit., p. 67.

⁸⁴BARTON, The choice of communal oviposition sites by the Australian sheep blowfly *Lucilia cuprina*, Op. cit. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 15.

⁸⁵LODGE, O. C. Fly investigations reports. IV. Some enquiry into the question of baits and poisons for flies, being a report in the experimental work carried out during 1915 for the Zoological Society of London. En : Proceedings of the Zoological Society of London. (1916); p. 481-518. Citado por: SMITH, Op. cit., p. 51.

⁸⁶SMITH, Op. cit., p. 51.

descomposición son muy atractivos para las hembras grávidas de *L. sericata* y *L. cuprina*, ya que ambas se alimentan y ovipositan en las fuentes de estos olores. Sin embargo, estos son menos atractivos para las hembras grávidas de especies, como *C. hominivorax* que se alimenta de la carroña pero no llega a ovipositar⁸⁷.

3.3.5 Feromonas. Las agregaciones de hembras ovipositando se debe a la preferencia de las hembras grávidas por sitios ocupados por otras hembras, así por ejemplo las hembras de *L. cuprina* se estimulan químicamente por la presencia de otras moscas⁸⁸. Según Norris⁸⁹ (1964) existe una feromona de la oviposición en la langosta *Schistocerca gregaria*, el papel de esta feromona en el proceso de la oviposición gregal de la langosta es similar al de *L. cuprina*. En ambas especies el sentido químico es más importante que el olfativo determinando distribución espacial de la puesta del huevo. Si una hembra ha puesto sus huevos, otras se atraen a la misma área y ponen sus huevos en el mismo sitio, por consiguiente, la masa de huevos puede ocupar varios centímetros cuadrados en un cadáver⁹⁰.

3.3.6 Los ritmos circadianos. Son patrones de actividad que duran aproximadamente un día⁹¹. Por ejemplo *C. vicina* muestra un amplio ritmo circadiano en su actividad locomotora, con un periodo mas corto que 24 h⁹². Para Tessmer et al⁹³, las especies de Calliphoridae solo son activas solo durante el día porque están regidas por los ritmos circadianos y por lo tanto su oviposición solo puede darse en las horas diurnas. Los ritmos circadianos han sido detectados en varios procesos bioquímicos, fisiológicos y comportamentales y son generados endógenamente por osciladores llamados relojes, bajo condiciones de constante oscuridad (DD) y también en muchos casos, en continua luz (LL). En el sistema visual de las moscas en general, los ritmos circadianos han sido detectados además de la retina, en la lamina, la cual tiene dos clases de interneuronas, L1 y L2⁹⁴, que se dilatan durante el día y se contraen durante la noche en un ciclo normal de luz /oscuridad⁹⁵.

⁸⁷HALL, M. Trapping the flies that cause myiasis : their responses to host-stimuli. En : Annals of Tropical Medicine and Parasitology. Vol. 89, No 4 (1995); p. 333-357. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 18.

⁸⁸BARTON, Browne; BARTELL, R. and SHOREY, H. Pheromone-mediated behaviour leading to group oviposition in the blowfly *Lucilia cuprina*. En : Journal of Insect Physiology. Vol. 15 (1969); p. 1003-1014. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 16.

⁸⁹NORRIS, M.J. Laboratory experiments on gregarious behaviour in ovipositing females of the desert locust (*Schistocerca gregaria*). En : Entomology Experimental Applied. Vol. 6 (1964); p. 279-303. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 16.

⁹⁰BARTON; BARTELL and SHOREY, Op. cit. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 8.

⁹¹MAIER, Richard. Sistemas sensoriales y relojes biológicos. En : _____ . Comportamiento Animal : un enfoque evolutivo y ecológico. Madrid, España : Mc Graw Hill, 2001. p. 440.

⁹²PYŽA, Elzbieta and CYMBOROWSKI, Bronisław. Circadian rhythms in behaviour and in the visual system of the blow fly, *Calliphora vicina*. En : Journal of Insect Physiology. Vol. 47 (2001); p. 900.

⁹³TESSMER; MEEK and WRIGTH, Op. cit., p. 439-445. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 8.

⁹⁴PYŽA and CYMBOROWSKI, Op. cit., p. 897.

⁹⁵PYŽA, E. and MEINERTZHAGEN, I. A. Monopolar cells axon in the first optic neuropil of the housefly, *Musca domestica* L., undergo daily fluctuations in diameter that have a circadian basis. En : Journal of Neuroscience. Vol. 15 (1995); p. 407-418. Citado por: PYŽA and CYMBOROWSKI, Op. cit., p. 898.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 FASE DE CAMPO

4.1.1 Premuestreo. Para establecer la metodología final que se seguiría durante el trabajo de campo se realizó un premuestreo durante tres días del mes de Mayo, utilizando una metodología preliminar basada en las descritas por Singh and Bharti⁹⁶, Spencer⁹⁷, Kirkpatrick⁹⁸, Baldrige et al⁹⁹ y Amendt et al¹⁰⁰, con la cual se determinó los sitios de muestreo, el tipo y la cantidad de atrayente que se utilizaría, las horas de exposición de los cebos, los posibles depredadores y la altura adecuada de la lámpara halógena, entre otros aspectos.

4.1.2 Área de estudio. El estudio se realizó en el Municipio de Chachagüí, 2°20" Latitud Norte y 80°25" Longitud Oeste, en una finca de la vereda el Chorrillo ubicada en el Km 33 vía al Aeropuerto Antonio Nariño, a 1950 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 21°C, Humedad relativa del 60% y una precipitación media anual de 1500 mm. En el lugar se escogieron dos zonas para realizar las pruebas que se denominaron sitio A y sitio B.

En el sitio A, se realizaron los muestreos en presencia de luz solar y también los muestreos nocturnos con presencia de luz artificial (Figuras 1 y 2). La vegetación circundante en este sitio era de tipo mixto con plantas nativas y otras cultivadas como plátano, guayaba, café; el terreno presentaba una pendiente moderada

En el sitio B se ejecutaron los muestreos diurnos (Figura 3) y los muestreos nocturnos en oscuridad total. La vegetación presente en este sitio, era similar a la del sitio A con especies nativas y cultivadas, pero con predominancia de las primeras. Este sitio se separaba 70 m del sitio A y se encontraba detrás de un muro de 2.5 m lo que garantizó una oscuridad absoluta durante la noche, criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de este sitio.

⁹⁶SINGH and BHARTI, Op. cit., p. 125.

⁹⁷SPENCER, Op. cit., p. 25-27.

⁹⁸KIRKPATRICK, Op. cit., p. 11-23.

⁹⁹BALDRIDGE, WALLACE and KIRKPATRICK, Op. cit., p. 125.

¹⁰⁰AMENDT, ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 2.

Figura 1 y 2. Ubicación del atrayente en la jaula de protección en el Sitio A, durante el día y la noche respectivamente

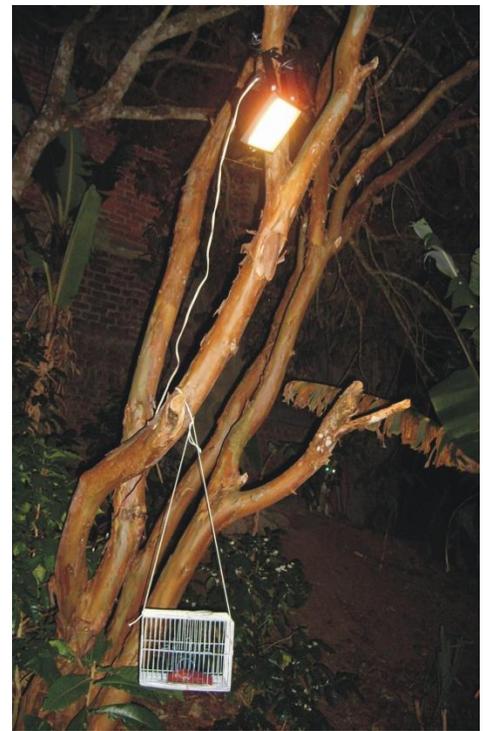
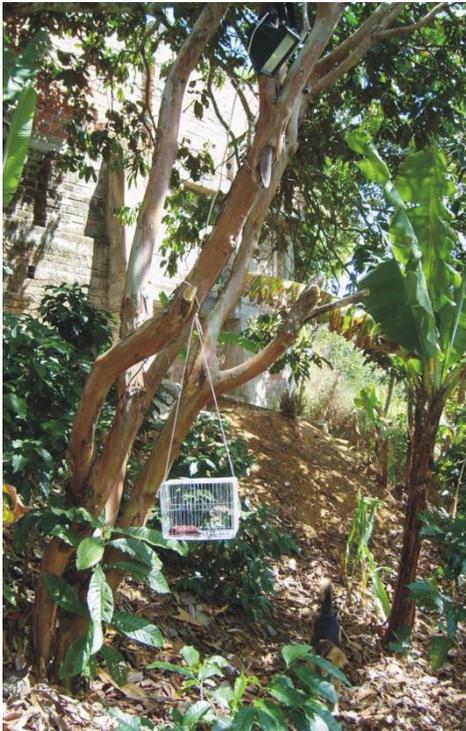


Figura 3. Ubicación del atrayente en la jaula de protección en el Sitio B durante el día



4.1.3 Montaje. En el sitio A se realizaron los muestreos en presencia de luz permanente, luz solar en el día y luz artificial en la noche mediante una lámpara halógena de 100 voltios, similar a la utilizada por Kirkpatrick¹⁰¹, ubicada a 2.5 m del suelo y a 1.50 m del atrayente adicionalmente se instaló una jaula metálica de 17x24x17 cm a un metro del suelo, simulando la plataforma utilizada en el experimento de Singh y Bharti¹⁰², con dos objetivos uno para que las moscas vuelen hacia los cebos y no facilitar su arrastre hacia los mismos y otro como protección contra roedores y carnívoros. En el sitio B se ejecutaron los muestreos de control en condiciones naturales, luz solar en el día y oscuridad total en la noche, la jaula se instaló a un metro del suelo como en el sitio A.

4.1.4 Modelo experimental. El atrayente que se utilizó fue hígado de res fresco que se mantuvo refrigerado a 4°C¹⁰³ durante el transporte al sitio de estudio, para retardar el proceso de descomposición y asegurarse de que no existan oviposiciones previas. Posteriormente se pesaron fragmentos de 150 gramos (g) con ayuda de una balanza que luego fueron introducidos en bolsas individuales de cierre hermético¹⁰⁴ de 20x10 centímetros (cm) para que tengan un contacto mínimo con el ambiente y evitar una manipulación excesiva, inmediatamente después se sometieron nuevamente a refrigeración a 4°C. Para ser utilizadas en los tratamientos, las muestras de hígado refrigerado se expusieron a temperatura ambiente durante 30 minutos antes de extraerse de las bolsas herméticas y luego se depositaron en una caja Petri.

4.1.5 Monitoreos. Los muestreos se realizaron durante los meses de Junio y Julio. En cada mes se muestreo por semana durante 72 horas (hrs) continuas. En ambos sitios, el cebo se removió cada cuatro horas, ya que es el tiempo promedio en el cual el cebo se encuentra en el estado de descomposición adecuado para atraer a las moscas sin que se deseque rápidamente. Cada hora con la ayuda de un Higrotermógrafo de aguja se registró la temperatura y la humedad relativa a 40 cm del atrayente¹⁰⁵ y se revisó la presencia o ausencia de huevos, cuando había presencia de huevos se registraba en la bitácora y se llevaba a las cámaras de cría. Antes del inicio de cada prueba se realizó una inspección ocular para buscar elementos de materia orgánica como excrementos u animales muertos cercanos al sitio, que pudieran afectar el muestreo¹⁰⁶.

¹⁰¹KIRKPATRICK, Op. cit., p. 16.

¹⁰²SINGH and BHARTI, Op. cit., p. 125.

¹⁰³SPENCER, Op. cit., p. 25.

¹⁰⁴GREENBERG, Nocturnal oviposition behavior of blow flies (Calliphoridae). Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 7.

¹⁰⁵SPENCER, Op. cit., p. 27.

¹⁰⁶KIRKPATRICK, Op. cit., p. 14

4.1.6 Cámaras de cría. Después de la exposición de los cebos en los sitios A y B y ante la presencia de huevos se procedió a contar el número de huevos depositados, para esto se removió cuidadosamente el grupo de huevos con la ayuda de pinzas y se sumergió en una solución de Sulfito de sodio al 1% y se agitó enérgicamente para separarlos¹⁰⁷, para retirar el exceso de esta solución se lavaron con agua estéril y luego se depositaron en una caja de Petri en la cual se contaron con la ayuda de una lupa, una parte de los huevos fue fijada en alcohol al 70% y la otra se llevó a las cámaras de cría.

El diseño de las cámaras de cría utilizadas en este experimento se basó en la propuesta por Haskell¹⁰⁸, se utilizó 50 gr de medio de cría estandarizado por Harris et al¹⁰⁹ con algunas modificaciones (Anexo A) el cual se cubrió con una lámina de papel aluminio de 15x20 cm que posteriormente se introdujo un recipiente plástico de 16 onzas (oz) con pequeños orificios en la tapa y que contenía 50 g de aserrín estéril para la absorción de los fluidos expulsados por el medio de cultivo ya que el exceso de líquido puede prevenir que el desarrollo de algunas especies de larvas ocurra normalmente¹¹⁰ y para la posterior pupación de los individuos obtenidos. Cada recipiente se marcó con hora, fecha, lugar, temperatura y humedad relativa y se mantuvieron a temperatura ambiente, hasta la emergencia de los adultos, para la posterior identificación (Figura 4). Durante el seguimiento a las cámaras de cría se tomó datos de la duración de cada estadio.

4.1.7 Fijación y Conservación. A partir de la eclosión de los huevos en las cámaras de cría, se colectaron larvas de los tres instares con la ayuda de pinzas y se sacrificaron sumergiéndolas en agua caliente por 10-15 segundos con el fin de prevenir la decoloración y reducir la contracción de la larva, luego se preservaron en alcohol al 70% en frascos de vidrio previamente etiquetados¹¹¹. Los adultos emergidos de las cámaras de cría se fijaron directamente en alcohol al 70% (Figura 5).

4.2 FASE DE LABORATORIO

4.2.1 Estados inmaduros. Los estados larvales se determinaron por el número de aberturas en los espiráculos, mediante la observación en el estereoscopio, una vez comprobado el instar, se tomó la longitud en milímetros y de igual manera se procedió con las pupas.

¹⁰⁷GRASSBERGER and REITER, Op. cit., p. 33.

¹⁰⁸HASKELL, Op. cit., p. 112.

¹⁰⁹HARRIS, R. L. et al. Screwworm larval production on gelled media. En : Southwestern Entomology. Vol. 10 (1985); p. 253-256. Citado por: HASKELL, Neal. Procedures in the entomology laboratory. En : CATTS and HASKELL, Op. cit., p. 122.

¹¹⁰CLARK, K.; EVANS, L. and WALL, R. Growth rates of the blowfly *Lucilia sericata*, on different body tissues. En : Forensic Science International. Vol. 156 (2006); p. 148.

¹¹¹OLIVA, Entomología Forense : La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses, Op. cit.

4.2.2 Adultos. La identificación de los adultos se realizó en el laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño con ayuda de claves taxonómicas de Smith¹¹², Shewell¹¹³ y su confirmación fue realizada por el Especialista Eduardo Amat, en el Instituto Alexander von Humboldt de Villa de Leiva. Los ejemplares colectados fueron dejados en la colección entomológica de la Universidad de Nariño y en el Instituto Alexander von Humboldt de Villa de Leiva, Boyacá.

Figura 4. Diseño de las cámaras de cría utilizadas durante el experimento



Figura 5. Fijación y conservación de larvas, pupas y adultos en frascos de vidrio etiquetados



¹¹²SMITH, Op. cit., p. 102-11.

¹¹³SHEWELL, Op. cit., p. 1136-1144.

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar si hay diferencia entre las horas de oviposición diurna se aplicó la prueba χ^2 con un intervalo de confianza del 95%.

La duración y el tamaño alcanzado en los diferentes estados preimaginales se obtuvo mediante la media aritmética de todos los datos obtenidos.

5. RESULTADOS

Las moscas capturadas en los cebos durante el muestreo correspondieron a la especie *Lucilia eximia* (\approx *Phaenicia eximia*) de la familia Calliphoridae (Figura 6) reportada para Colombia en la lista preliminar de Pape et al¹¹⁴. Sin embargo, durante el seguimiento en las cámaras de cría, se observó también la presencia de larvas, pupas y adultos de la familia Sarcophagidae (Anexos B, C y D), probablemente las hembras fueron atraídas por el olor producido por el avanzado estado de descomposición del medio de cultivo y al ser vivíparas, depositaron sus larvas de primer instar¹¹⁵ en los agujeros de las cámaras de cría contaminando el cultivo y entrando a competir por el recurso alimenticio con larvas de *L. eximia*¹¹⁶. No fue posible realizar la identificación taxonómica a nivel de género y especie de los ejemplares colectados pertenecientes a esta familia, a través de las características morfológicas, debido a que es una tarea muy difícil incluso para especialistas; por esta razón actualmente se están desarrollando métodos taxonómicos basados en DNA¹¹⁷.

La respuesta de los individuos de *L. eximia* hacia el atrayente fue positiva, se acercaron al hígado tanto para alimentarse como para ovipositar, lo que evidenció la presencia de hembras grávidas en el área. Los huevos se reconocieron a simple vista, son alargados de color blanco cremoso, tienen un tamaño aproximado de dos milímetros, forman masas o racimos difíciles de separar, ya que están adheridos unos a otros por una sustancia de consistencia viscosa, son depositados en la parte inferior del cebo o en algunas hendiduras formadas por los pliegues del hígado (Figura 7), el número de huevos por cada racimo estuvo entre 23 y 108 huevos.

¹¹⁴PAPE; WOLFF y AMAT, Op. cit., p. 203-204.

¹¹⁵SMITH, Op. cit., p. 99.

¹¹⁶Ibid, p. 64.

¹¹⁷WELLS J. D; PAPE, T and SPERLING, F. A. H. DNA-based identification and molecular systematics of forensically important Sarcophagidae (Diptera). En : Journal of Forensic Sciences. Vol. 46, No. 5 (2001); p. 1098-1102. Citado por: SALAZAR, Op. cit., p. 60.

Figura 6. Adulto de *L. eximia* sobre el hígado



Figura 7. Racimo de huevos de *L. eximia* en los pliegues del hígado



El fotoperiodo durante el tiempo de muestreo fue de 13:11 hrs; 13 horas de luz y 11 de oscuridad, la salida del sol ocurrió a las 05:45 hrs y la puesta a las 18:45 hrs. La actividad de vuelo de *L. eximia* fue evidente después de las 08:00 hrs y disminuyó considerablemente a partir de las 16:00 hrs; la oviposición solo se registró durante las horas luz, no hubo oviposiciones nocturnas ni siquiera en presencia de luz halógena, lo que significa que *L. eximia* es una especie de actividad diurna y que la luz halógena nocturna no fue un factor estimulante para que estas sean atraídas hacia los cebos (Figura 8). De los 20 registros de oviposiciones diurnas, el 75% se presentó en el sitio B y solo el 25% en el sitio A, el mes de julio fue el que presentó el mayor número de posturas (Figura 9).

Figura 8. Número de oviposiciones de *L. eximia* registradas por hora durante todo el muestreo

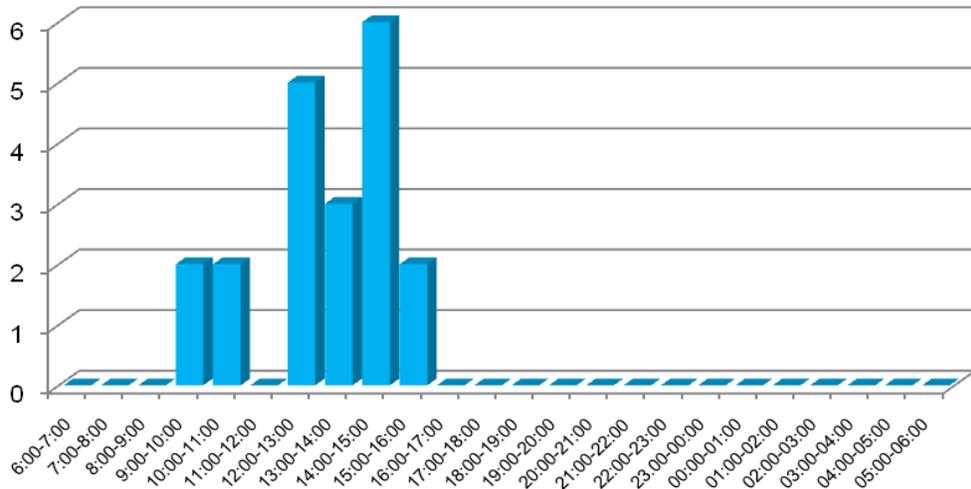
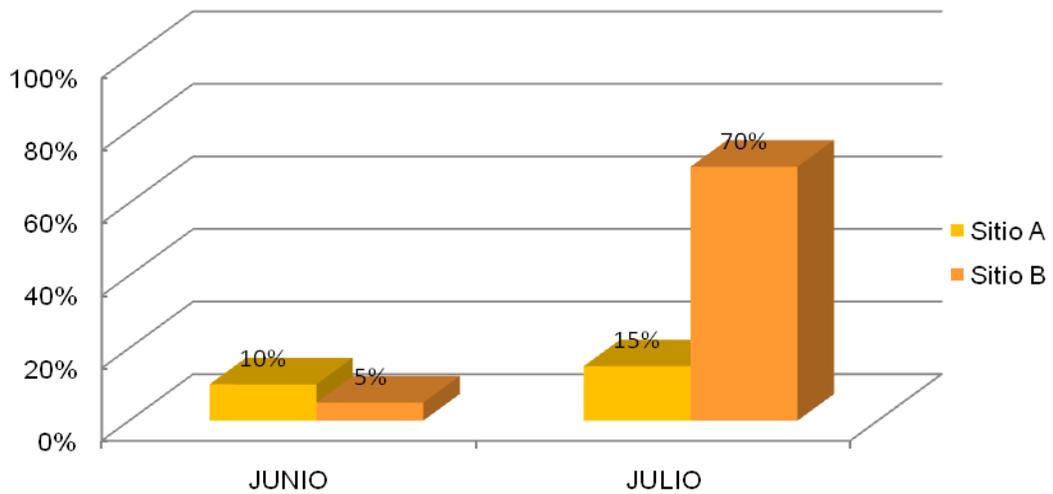


Figura 9. Oviposiciones de *L. eximia* durante los meses de muestreo en ambos sitios



Para determinar si hay diferencias en el horario de oviposición de *L. eximia* durante las horas luz, se aplicó una prueba χ^2 con el 95% de confianza la cual arrojó un valor de 23.64 ($X^2 = 21.0$), lo que significa que hay diferencias altamente significativas en las oviposiciones registradas según la hora del día.

En el sitio donde se llevó a cabo el experimento la temperatura media fue 20°C en el día y 14°C en la noche, con temperaturas máximas promedio de 22°C para el mes de junio y 26°C para el mes de julio y temperaturas mínimas promedio de 11°C. En cuanto a la humedad relativa en las horas diurnas la humedad del ambiente fue en promedio 54% y en la noche se registró una humedad superior al 74% en promedio durante el tiempo de muestreo. El mes de junio fue el más nublado y lluvioso y el que registró el menor número de posturas (Figura 10); mientras que el mes de julio fue más caluroso y no se presentaron lluvias y se presentó la mayor parte de las oviposiciones (Figura 11).

Figura 10. Temperatura y humedad relativa promedio por horas en el mes de junio y oviposiciones registradas

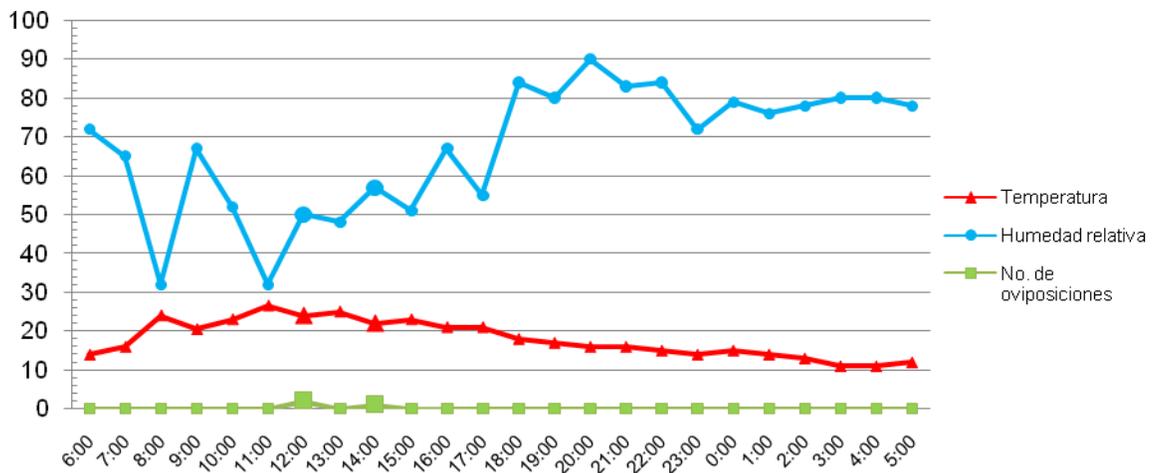
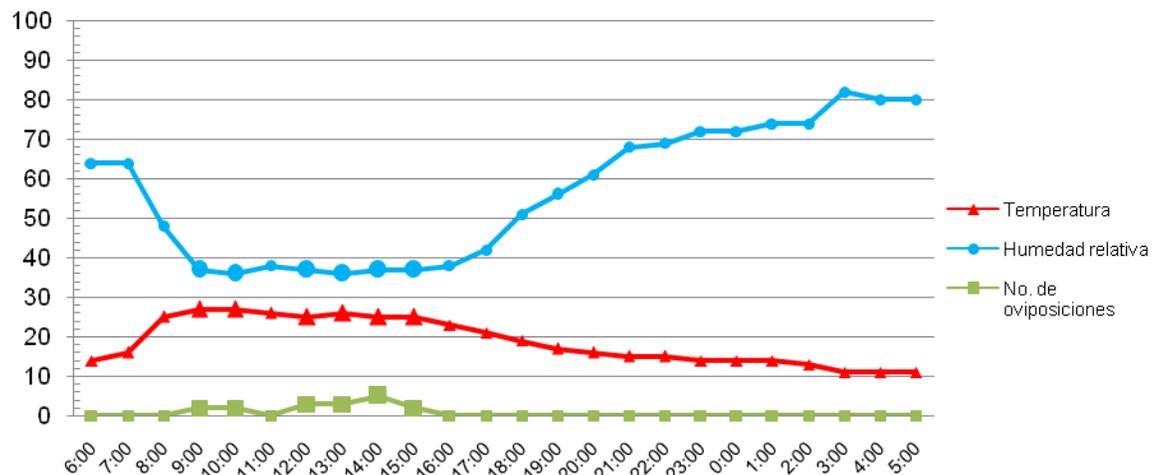


Figura 11. Temperatura y humedad relativa promedio por horas en el mes de julio y oviposiciones registradas



En las tablas 2 y 3 se hace referencia de una manera más detallada a cada una de las oviposiciones de *L. eximia*, en los sitios A y B respectivamente, se puede observar que las hembras de esta especie solo pueden ovipositar en un rango de temperatura entre 22°C y 27°C y entre un rango de 34-43% de humedad relativa durante las horas diurnas.

Tabla 2. Oviposiciones de *L. eximia* en el sitio A

Fecha	Hora	Temperatura °C	Humedad relativa %	No. racimos
Jun-14/06	12:00-13:00	26°C	58%	1
Jun-30/06	14:00-15:00	24°C	35%	1
Jul-12/06	15:00-16:00	25°C	35%	1
Jul-13/06	10:00-11:00	27°C	38%	1
Jul-19/06	09:00-10:00	25°C	40%	1

Tabla 3. Oviposiciones de *L. eximia* en el sitio B

Fecha	Hora	Temperatura °C	Humedad relativa %	No. racimos
Jun-14/06	12:00-13:00	26°C	58%	1
Jul-05/06	12:00-13:00	27°C	34%	2
Jul-11/06	14:00-15:00	26°C	38%	2
Jul-12/06	13:00-14:00	25°C	37%	2
Jul-12/06	14:00-15:00	25°C	37%	1
Jul-13/06	09:00-10:00	27°C	38%	1
Jul-13/06	10:00-11:00	27°C	38%	1

Jul-19/06	12:00-13:00	25°C	35%	1
Jul-19/06	14:00-15:00	26°C	34%	1
Jul-20/06	13:00-14:00	23°C	43%	1
Jul-20/06	14:00-15:00	23°C	42%	1
Jul-20/06	15:00-16:00	22°C	42%	1

La duración del ciclo de vida de *L. eximia* fue de 37 días en promedio, la tabla 4 indica la duración promedio de cada estado de la metamorfosis a partir de la postura y la longitud alcanzada en estas etapas. Los huevos son alargados de color blanco cremoso y poseen una abertura longitudinal por la cual emergen las larvas en primer instar (figura 12). Las larvas son de color blanco cremoso, presentan el extremo posterior truncado, levemente cóncavo, aunque los instares pueden ser diferenciados por el tamaño (figura 13), el método más preciso es a través del número de aberturas en los espiráculos posteriores (figura 14). Las pupas son de color marrón oscuras angostadas a nivel del cuarto segmento, con extremo posterior convexo o bien con un surco abierto lateralmente (figura 15).

Tabla 4. Duración y longitud en cada estado preimaginal para *L. eximia* a una temperatura promedio de 21°C.

Estadio	Huevo	Larva 1	Larva 2	Larva 3	Pupa
Duración	24 hrs	24 hrs	24 hrs	22 días	12 días
Longitud	2 mm	3 mm	8 mm	15 mm	8 mm

Figura 12. Huevos depositados por *L. eximia*



Figura 13. Larvas en tercer instar de *L. eximia*.

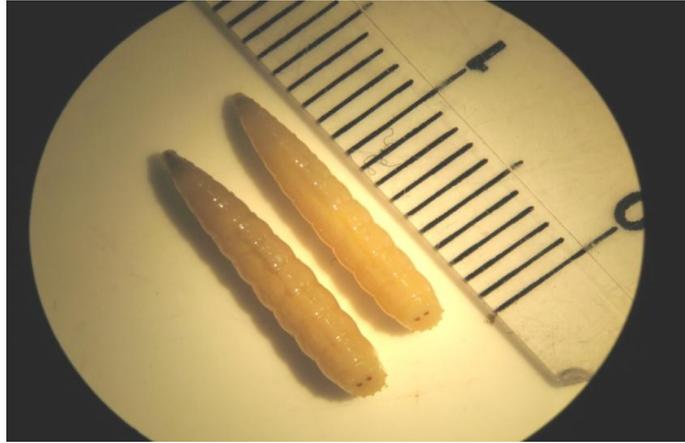


Figura 14. Espiráculos posteriores de larvas en tercer instar de *L. eximia*



Figura 15. Pupas de *L. eximia*



6. DISCUSIÓN

Durante el experimento, se capturó solo una especie de la familia Calliphoridae, *Lucilia eximia*, esto se debe a que las especies pertenecientes a este género son las primeras en colonizar restos en descomposición¹¹⁸. Por ejemplo, Usaquen & Camacho¹¹⁹ determinaron que *L. sericata* fue la primera especie colonizadora en hígado humano. Por su parte Salazar¹²⁰ menciona en su estudio sobre sucesión de entomofauna en cerdos a *Lucilia* sp. como la primera especie que arribó a los restos en descomposición y se refiere a algunos estudios en los cuales especies del género *Lucilia*, coloniza cadáveres y cebos en estados muy tempranos de descomposición. El hecho de que las especies de este género sean las primeras en ovipositar en los restos frescos, probablemente se deba a que la concentración de los gases desprendidos del hígado en descomposición como el amoníaco (NH₃), el ácido sulfúrico (SH₂), el nitrógeno libre (N₂) y el anhídrido carbónico (CO₂)¹²¹, son detectados fácilmente por las hembras grávidas.

L. eximia, es una especie neártica y neotropical muy frecuente en áreas rurales como urbanas y se desarrolla principalmente en restos en descomposición y basura¹²², es considerada como un indicador forense clave en la estimación del PMI¹²³. En el sitio de estudio se comportó como una especie netamente diurna, ya que su actividad de vuelo y oviposición solo se registró durante el día, resultados que coinciden con los encontrados por Tessmer et al¹²⁴, Spencer¹²⁵, Baldrige et al¹²⁶ y Amendt et al¹²⁷, quienes afirman que no hay oviposición nocturna por parte de estos dípteros. No obstante *L. eximia* está entre las especies que podrían ovipositar durante la noche en un lugar iluminado, pero a temperaturas mayores de 26°C y alta humedad relativa¹²⁸, otras especies como *L. sericata* pueden hacerlo en completa oscuridad, a temperaturas de 25°C, pero en condiciones

¹¹⁸SMITH, Op. cit., p. 109.

¹¹⁹USAQUEN, William y CAMACHO, Ginna. Ciclo de vida de *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora presente en hígado humano en el Instituto nacional de Medicina legal y ciencias Forenses. Bogotá, 2000. En : Revista del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Vol. 18, No. 2 (2004); p. 32. 31-36.

¹²⁰SALAZAR, Op. cit., p. 50 y 51.

¹²¹CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA, Op. cit.

¹²²PRADO, A.P. and GUIMÃRES, J.H. Estado atual de dispersão e a distribuição de gênero *Chrysomya* Robineau-Desvoidy na região neotropical (Diptera: Calliphoridae). En : Revista Brasileira Entomologia. Vol. 26 (1982); p. 225–231. Citado por: SILVA, C.R.; MANCERA, P.F. and GODOY, W.A. Population dynamics of *Lucilia eximia* (Diptera: Calliphoridae). En : Journal Applied Entomology. Vol. 127 (2003); p. 2.

¹²³MOURA, Mauricio; DE CARVALHO, Claudio and MONTEIRO, Emygdio. A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Paraná. En : Memorias Instituto Oswaldo Cruz. Vol. 92, No. 2 (1997); p. 273.

¹²⁴TESSMER; MEEK and WRIGTH, Op. cit. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 8.

¹²⁵SPENCER, Op. cit., p. 39.

¹²⁶BALDRIDGE; WALLACE and KIRKPATRICK, Op. cit., p. 125-126.

¹²⁷AMENDT; ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 1-4.

¹²⁸KIRKPATRICK, Op. cit., p. 24.

controladas de laboratorio¹²⁹. En nuestro caso estas condiciones ambientales no se cumplen por las bajas temperaturas nocturnas, que solo alcanzaban los 14°C, la alta humedad relativa que en promedio fue de 74% y el ambiente natural en que se llevo a cabo el experimento.

La temperatura fue uno de los factores más determinantes en la actividad locomotora de Calliphoridae, y por ende en la actividad ovipositoria no solo en las horas nocturnas, sino también durante el día, esto se debe a que son organismos poiquilotermos, que dependen del calor externo para que sean activos¹³⁰, en el sitio de estudio la actividad de vuelo de *L. eximia* comenzó a partir de los 17°C, debajo de este umbral de temperatura, no se observó la presencia de individuos sobrevolando los cebos. El periodo de mayor actividad estuvo entre las 08:00 hrs y las 15:00 hrs, cuando la temperatura alcanzó sus puntos máximos, un promedio 22°C para el mes de junio y 26°C para el mes de julio, sin embargo las oviposiciones no fueron tan frecuentes como se esperaba, las hembras de *L. eximia* solo ovipositan en un rango de temperatura específico que estuvo entre los 22°C y los 27°C, con mayor frecuencia en 25°C, 26°C y 27°C, confirmando que las temperaturas en las cuales los adultos son activos no definen las temperaturas en las cuales ellos pueden ovipositar¹³¹, esto puede definirse como una estrategia de supervivencia, probablemente dentro de este rango están las temperaturas mas favorables para la eclosión de los huevos y el posterior desarrollo de las larvas; se ha comprobado que debajo de un umbral mínimo de temperatura, el desarrollo de los huevos no ocurre¹³² y seguramente lo mismo ocurre cuando la temperatura es superior al rango establecido, en este caso 27°C, ya que a mayor temperatura la perdida de humedad es más rápida. En estudios previos se ha definido en especies como *L. sericata* que son muy activas al aire libre con temperaturas moderadamente cálidas, la oviposición se registra entre los 17.5 y 25.6°C, pero cuando la temperatura máxima excede los 29°C, esta especie suele dejar de ovipositar¹³³.

En contraste, la actividad de *L. eximia* es nula entre las 19:00 hrs y las 06:00 hrs, la temperatura durante este lapso disminuye considerablemente alcanzando en promedio 14°C, lo cual explica el que no se obtuvieran oviposiciones en ninguno de los dos sitios, ya que las moscas entran en un estado de letargo¹³⁴, que inhibe la actividad de vuelo y por consiguiente les impide arribar a los cebos tanto para alimentarse como para poner sus huevos. No obstante, la literatura reporta 12°C

¹²⁹AMENDT; ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 2.

¹³⁰HALL, Martin and DONOVAN, Sarah. Forensic Entomology : what can maggots tell us about murders?. En : Biologist. Vol. 48, No. 6 (2001); p. 251.

¹³¹ARCHER, M.S. and ELGAR, M.A. Yearly activity patterns in southern Victoria (Australia) of seasonally active carrion insects. En : Forensic Science International. Vol. 132 (2003); p. 175.

¹³²HALL and DONOVAN, Op. cit., p. 251.

¹³³OLIVA, Adriana. Insects of forensic significance in Argentina. En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p. 146, 149.

¹³⁴OLIVA, Entomología Forense : La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses, Op. cit.

como la temperatura mínima para que ocurra la oviposición¹³⁵, en las condiciones ambientales que ofrece el sitio de estudio este umbral es mucho mayor, 22°C, temperatura que no se alcanzó durante la noche. Por otra parte las bajas temperaturas pudieron también retardar la descomposición del cebo impidiendo que los gases producidos en el proceso se volatilicen más rápidamente para atraer a las moscas.

La humedad relativa también jugó un papel importante en el proceso de oviposición, sus fluctuaciones fueron inversamente proporcionales a la temperatura. En el día fue de 54% en promedio y en la noche se registraron valores superiores al 74% en promedio durante el tiempo de muestreo. El intervalo de humedad en el que las hembras de *L. eximia* ovipositaron estuvo entre 34-43%, aunque en el mes de junio, que fue lluvioso, también se registraron oviposiciones a una humedad relativa del 58%, alta en relación con las reportadas en el mes de julio. La importancia de una adecuada humedad del ambiente para Calliphoridae, está en que sus larvas requieren de una alta humedad del medio para su desarrollo¹³⁶ ya que ésta tiende a minimizar el riesgo de muerte por desecación¹³⁷, aunque el exceso de humedad puede evitar que el desarrollo ocurra normalmente¹³⁸.

Los individuos de Calliphoridae pueden percibir cambios muy sutiles en la temperatura y en la humedad del ambiente, gracias a que su exoesqueleto y sus patas están cubiertos por receptores microscópicos o sensilos¹³⁹, en este caso los termorreceptores e higrorreceptores¹⁴⁰ que les permiten identificar con precisión el lugar y las condiciones ambientales favorables para la oviposición y de esta manera asegurar la supervivencia de sus huevos.

Las señales para que los insectos estén activos o inactivos con frecuencia incluyen una compleja interacción entre la sincronización diaria del ciclo luz/oscuridad y la temperatura¹⁴¹, en el sitio de estudio se presentó un fotoperiodo de 13:11, es decir 13 horas luz y 11 de oscuridad, la actividad de *L. eximia* fue evidente durante las horas luz, donde se registró las temperaturas más altas, mientras que en las horas de oscuridad, cuando las temperaturas eran bajas la actividad fue nula, los individuos de esta especie entrarían en un estado de letargo, lo que les impide ser activos y ovipositar durante la noche, incluso si se utiliza un factor estimulante para que se acerquen a los cebos, como la luz halógena utilizada en este experimento, aunque también puede ser probable que

¹³⁵PITTS, K. M. and WALL, R. Adult mortality and oviposition rates in field and captive populations of the blowfly *Lucilia sericata*. En : Ecology Entomology. Vol. 29 (2004); p. 733.

¹³⁶HAINES and RESS, Op. cit. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 39.

¹³⁷BARTON, Op. cit. Citado por: SPENCER, Op. cit., p. 16.

¹³⁸CLARK; EVANS and WALL, Op. cit., p. 148.

¹³⁹OLIVA, Entomología Forense : La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses, Op. cit.

¹⁴⁰ROMOSER and STAFFOLANO, Op. cit. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 38.

¹⁴¹DANKS, H. V. Insect dormancy : An Ecological Perpectiva. Ottawa, Canada : Biological Survey of Canada, 1987. Citado por: ARCHER and ELGAR, Op. cit., p. 173.

el rango de iluminación de la lámpara halógena no fue lo suficientemente fuerte para atraerlas, ya que la visión de las moscas es limitada en las noches¹⁴²; los ojos de éstas no se puede comparar con los de insectos nocturnos como polillas o escarabajos que sí tienen un verdadero diseño de superposición óptica¹⁴³ y que fueron abundantes en los muestreos nocturnos.

Los resultados obtenidos sugieren que las hembras de *L. eximia* no ovipositan en la noche debido a las bajas temperaturas y a alta humedad que se presentan en el sitio de estudio, entonces cabría preguntarse si en climas cálidos y húmedos como Tumaco o en climas cálidos y secos como el Patía podría registrarse la oviposición nocturna o si definitivamente el fotoperiodo es el factor más influyente en la actividad y oviposición de estas moscas.

En la literatura se encuentran registros sobre la disminución de la actividad de los dípteros durante los días fríos y nublados sin mucha luz¹⁴⁴, en vientos fuertes¹⁴⁵ y en días lluviosos¹⁴⁶, esto se pudo constatar en este trabajo al observar las pocas oviposiciones registradas en el mes de Junio que en sus inicios fue lluvioso y nublado y la temperatura promedio en el día fue de 20°C, lo que según los datos obtenidos no esta dentro del rango de temperatura en el que ocurre la oviposición, esto ratifica que las altas temperaturas diurnas y la luz del sol son las condiciones necesarias para la oviposición de Calliphoridae¹⁴⁷. Esto también explica porque en el sitio A se registró el menor número de oviposiciones, en este sitio se formaban fuertes corrientes de aire que desecaban el cebo rápidamente, haciéndolo poco atractivo para la oviposición ya que no garantizaba la eclosión de los huevos y por ende la supervivencia de las larvas, asimismo era un sitio sombrío donde la vegetación era más alta lo que evitaba el contacto directo del sol, a diferencia del sitio B; las especies pertenecientes al género *Lucilia*, como por ejemplo *L. sericata* son mas frecuentes en sitios abiertos y luminosos¹⁴⁸ e infestan carroña en ambientes de pastos abiertos¹⁴⁹, ya que el incremento de la temperatura y/o sol directo sobre un cuerpo cataliza el crecimiento larval¹⁵⁰.

¹⁴²DANKS, H. V. Insect dormancy : An Ecological Perpectiva. Ottawa, Canada : Biological Survey of Canada, 1987. Citado por: ARCHER and ELGAR, Op. cit., p. 173.

¹⁴³WARRANT, E. Vision in the dimmest habitats on earth. En : J. comp. Physiol. Vol. 190 (2004); p. 765-789. Citado por: AMENDT; ZEHNER and RECKEL, Op. cit., p. 3.

¹⁴⁴JIRON, L. F. and CARTIN, V. M. Insect succession in the decomposition of a mammal in Costa Rica. En : New York Entomological Society. Vol. 3 (1981); p. 158-165. Citado por: CASTILLO, Op. cit., p. 69.

¹⁴⁵KUUSELA, S. Suitability of carrion flies for field experiments on reproductive behaviour. En : Annls. Ent. Fennici. Vol. 50 (1984); p. 1-6. Citado por: CASTILLO, Op. cit., p. 68.

¹⁴⁶INTRONA, F. et al. Sarcosaprophagous fly activity in Maryland. En : Journal of Forensic Sciences. Vol. 36, No. 1 (1991); p. 238-243. Citado por: CASTILLO, Op. cit., p. 68.

¹⁴⁷GREENBERG, Nocturnal oviposition behavior of blow flies (Calliphoridae), Op. cit. Citado por: KIRKPATRICK, Op. cit., p. 5.

¹⁴⁸CASTILLO, Op. cit., p. 14.

¹⁴⁹SMITH, K. E. and WALL, R. Asymmetric competition between larvae of the blowflies *Calliphora vicina* and *Lucilia sericata* in carrion. En : Ecological Entomology. Vol. 22 (1997); p. 468-474. Citado por: SMITH, K. E. et al. Op. cit., p. 188.

¹⁵⁰SHEAN, B.S.; MESSINGER, L. and PAPWORTH, M. Observations of differential decomposition on sun exposed v. shaded pig carrion in coastal Washington State. En : Journal Forensic Science. Vol. 38 (1993); p.

Los artrópodos adultos son más móviles que las crías, por ende el proceso de la oviposición es crucial en la determinación del desarrollo y supervivencia de las crías, el sitio adecuado de oviposición y la distribución de los huevos entre los posibles lugares afectan la depredación, el éxito de las crías, el desempeño larval, y con relación a esto, indirectamente, la eficacia biológica parental¹⁵¹, esto puede explicar por que las hembras de *L. eximia* depositaron sus huevos en la parte inferior del cebo o en algunas hendiduras propias del hígado, estos puntos conservan mayor humedad que el resto, por estar menos expuestos al ambiente, facilitando la eclosión, además pueden ser considerados como lugares estratégicos para evitar que sean fácilmente encontrados por los depredadores, ya que este estadio es el mas vulnerable a la desecación y a la depredación¹⁵², también explica de cierta forma porque no se registraron oviposiciones a temperaturas superiores a los 27°C, aunque la presencia de las hembras en los atrayentes era evidente, Wardle¹⁵³, afirmó que los trozos de hígado crudo secados directamente al sol no eran atractivos para la oviposición de las moscas incluso si se rehumedecían, estas preferían superficies húmedas; esto se pudo observar en el pre-muestreo, cuando se rehumedecían los trozos de hígado las moscas se acercaban a succionar los jugos del hígado pero no llegaban a ovipositar.

El número de huevos por racimo varió, entre 23 y 108 huevos, un cantidad baja en comparación a otras especies, por ejemplo se ha estimado que cada racimo en *L. sericata* puede contener entre 138 y 159 huevos¹⁵⁴, otras especies como *L. cuprina* 189 huevos aproximadamente¹⁵⁵, estas variaciones pueden atribuirse a la especie; al tamaño de las hembras; se dice que a mayor tamaño de las hembras, mayor fecundidad, que se mide en la cantidad de huevos producidos; de hecho la fecundidad aumenta de forma exponencial con el tamaño corporal¹⁵⁶, también puede depender del estado nutricional de la hembra y del tamaño de los huevos, existe una relación inversa entre el tamaño del huevo y el número de huevos por racimo¹⁵⁷, aunque en este trabajo no se pudo comprobar ninguno de estos aspectos ya que no se capturaron a las hembras que llegaron a desovar en los cebos y con relación al tamaño de los huevos por racimo, según las mediciones realizadas eran del mismo tamaño por lo tanto el número de huevos no dependía

938–949. Citado por: JOY, J.; LIETTE, N. and HARRAH, H. Carrion fly (Diptera: Calliphoridae) larval colonization of sunlit and shaded pig carcasses in West Virginia, USA. En : Forensic Science International. Vol. 164 (2006); p. 191.

¹⁵¹RESERARITS, W. J. and WILBUR, H. M. Choise of oviposition site by *Hyla chrysoscelis* role of predators and competitors. En : Ecology. Vol. 70 (1989); p. 220-228. Citado por: FARAJI, Farid; JANSSEN, Arne and SABELIS, Maurice. Oviposition patterns in a predatory mite reduce the risk of egg predation caused by prey. En : Ecological Entomology. Vol. 27 (2002); p. 660.

¹⁵²HALL and DONOVAN, Op. cit., p. 250.

¹⁵³WARDLE, R. A. The protection of meat commodities against blowflies. En : Annals of Applied Biology. Vol. 8 (1921); p. 1-9. Citado por: SMITH, Op. cit., p. 27.

¹⁵⁴PITTS and WALL, Op. cit., p. 730.

¹⁵⁵ABOU ZIED, Ehab; GABRE, Refaat and CHI, Hsin. Life table of the australian sheep blow fly *Lucilia cuprina* (wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). En : Journal Zoology. Vol. 41 (2003); p. 30.

¹⁵⁶MAIER, Richard. Cuidados Parentales. En : _____, Op. cit., p. 258.

¹⁵⁷GREENBERG. Flies as forensic Indicators. Op. cit., p. 566.

del tamaño que estos alcanzaran, o el tamaño puede variar pero es imperceptible a los instrumentos de medición utilizados y al ojo humano.

Aunque fue evidente la presencia de varias hembras en los cebos, y las condiciones medioambientales eran favorables para la oviposición, se esperaba encontrar en los atrayentes varios racimos de huevos, pero solo se registró entre uno y dos racimos en cada cebo. Esto puede ser una forma que tienen las hembras de *L. eximia* para evitar la competencia, ya que los recursos alimenticios disponibles probablemente no eran suficientes para albergar un número mayor de huevos y además los sitios estratégicos ya estaban ocupados por las posturas de otras hembras, entonces las hembras que llegan posteriormente solo se acercan a los atrayentes para alimentarse. Para las hembras de *L. eximia* ovipositar en sitios que contengan huevos de sus conespecíficos puede resultar negativo seguramente puede haber una reducción en el tamaño de las larvas, pupas y adultos¹⁵⁸, también podría pensarse que la supervivencia podría verse afectada, sin embargo se ha determinado que la competencia de explotación, donde los recursos alimenticios son limitados es compartido entre todos los individuos¹⁵⁹ y la supervivencia es mantenida a expensas del tamaño, aunque cuando los recursos no son suficientes para que haya un completo desarrollo larval se podría reducir la oportunidad de supervivencia, en especies y de completar su desarrollo larval cuando la proporción de sustrato de hígado por larva es menor a 0.2 g como ocurre en otras especies¹⁶⁰.

El tiempo de desarrollo de *L. eximia* desde el estadio de huevo hasta la emergencia de los adultos, fue en total 37 días; en las cámaras de cría los huevos eclosionaron a las 24 horas de la puesta; la etapa larval fue en promedio de 24 días, este estadio fue el que tuvo mayor duración con respecto a los otros, ya que en esta etapa la larva acumula reservas que son consumidas en la metamorfosis¹⁶¹. El estado de pupa fue de aproximadamente 12 días, durante este estado permanecieron enterradas en el aserrín, esto lo hacen en condiciones naturales en la tierra como protección, ya que por ser un estado inmóvil están más expuestas a posibles depredadores¹⁶². La tasa de desarrollo en los insectos está regida por la temperatura ambiental, a temperaturas más altas, el desarrollo ocurre más rápido¹⁶³ y se hace más lento con temperaturas bajas, por esta razón no es posible generalizar el tiempo de desarrollo de *L. eximia*, ya que las condiciones

¹⁵⁸SAUNDERS, D. and BEE, A. Effects of larval crowding on size and fecundity of the blowfly *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae). En : European Journal Entomology. Vol. 92 (1995); p. 615–622. Citado por: IRELAND, Sarah and TURNER, Bryan. The effects of larval crowding and food type on the size and development of the blowfly, *Calliphora vomitoria*. En : Forensic Science International. Vol. 159 (2006); p. 176.

¹⁵⁹PARK, T.B. Competition and populations. En : Science. Vol. 138 (1962); p. 1369–1375. Citado por: IRELAND and TURNER, Op. cit., p. 176.

¹⁶⁰IRELAND and TURNER, Op. cit., p. 179.

¹⁶¹OLIVA, Entomología Forense : La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses, Op. cit.

¹⁶²Ibid.

¹⁶³AMES, C. and TURNER, B. Low temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation. En : Medical and Veterinary Entomology. Vol. 17 (2003); p. 178.

ambientales son diferentes y específicas en cada región, la velocidad de desarrollo pueden variar ligeramente hasta en las mismas regiones debido a las fluctuaciones diarias en la temperatura ambiental, episodios prolongados de bajas temperaturas¹⁶⁴, la producción de calor metabólico por la agregación de las larvas¹⁶⁵ o también puede depender del lugar que eligieron las hembras para poner sus huevos¹⁶⁶.

¹⁶⁴AMES and TURNER, Op. cit., p. 178-186.

¹⁶⁵CATTS, E. P and GOFF, M. L. Forensic Entomology in Criminal Investigations. En : Annual Review of Entomology. Vol. 37, No. 2 (1992); p. 258.

¹⁶⁶CASTILLO, Op. cit., p. 68.

7. CONCLUSIONES

➤ La temperatura y la humedad relativa fueron variables determinantes en la actividad de vuelo y oviposición de *L. eximia*, esta especie fue activa a partir de los 17°C, sin embargo las oviposiciones se registraron entre las 09:00 y las 16:00 hrs, en un rango de temperatura de 22°C-27°C y en un rango de humedad del 34-43%. Su actividad fue evidente durante el día, sobre todo cuando la temperatura alcanza sus puntos máximos y la humedad relativa es baja; por el contrario durante la noche cuando las temperaturas bajan hasta los 11°C y la humedad relativa presentan valores superiores a 74% entran en un estado de letargo que les impide desplazarse ágilmente lo que conlleva a que su actividad sea netamente diurna.

➤ Las fluctuaciones de temperatura y de humedad coincidieron en con el cambio de horas luz a horas oscuridad, durante las horas luz se presentó las temperaturas más altas y humedad mas baja y por el contrario, en las horas de oscuridad se registró las temperaturas más bajas y la humedad más alta, lo que impidió que la luz halógena utilizada durante la noche sea un factor estimulante para atraer a las hembras de *L. eximia* a los cebos.

➤ Otros factores ambientales como la lluvia, el viento y los días nublados también influyeron en la actividad de *L. eximia*, bajo estas condiciones, la actividad de vuelo de esta especie disminuye y la oviposición no se lleva a cabo o se retrasa hasta encontrar las condiciones favorables.

➤ El número de huevos por racimo estuvo entre 23 y 108 huevos, que fueron depositados por las hembras de *L. eximia* en los lugares menos expuestos al ambiente, como la parte inferior del cebo o en algunos pliegues formados en el hígado, esto con el fin de protegerlos contra la desecación y la depredación. Cuando los sitios estratégicos disponibles ya están ocupados por huevos de otras hembras, estas se alimentan del atrayente, pero no llegan a ovipositar.

➤ *L. eximia*, tardó 37 días en completar su desarrollo a una temperatura promedio de 21°C, es la primera especie en detectar los restos en descomposición y podría ser considerada como un indicador biológico potencial en la determinación del PMI en cuerpos expuestos al ambiente y cuyo fallecimiento haya ocurrido durante el día; ya que su actividad es diurna y si esto no se tiene en cuenta podría haber un error de calculo del PMI de 12 horas.

8. RECOMENDACIONES

Es necesario confrontar estos resultados en ambientes que presenten altas temperaturas y alta humedad relativa, ya que según los resultados obtenidos en este experimento, son dos factores determinantes en la actividad de vuelo y ovipositoria de Calliphoridae, podrían realizarse variaciones en la intensidad y tipo de luz. Además podría ser de gran importancia la utilización de cadáveres enteros para comprobar si la actividad de las moscas esta regida por la intensidad de otros gases específicos que éstos puedan emanar.

Ampliar el estudio de dípteros necrófagos hacia otras familias importantes en la determinación del PMI, como es el caso de Sarcophagidae, que al contrario de Calliphoridae no pone huevos sino que es vivípara y tiene un gran potencial forense y además son consideradas como especies competidoras de Calliphoridae.

BIBLIOGRAFIA

ABOU ZIED, Ehab; GABRE, Refaat and CHI, Hsin. Life table of the Australian sheep blow fly *Lucilia cuprina* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). En : Journal Zoology. Vol. 41 (2003); p. 29-45.

AMENDT, J.; ZEHNER, R. and RECKEL, F. The nocturnal ovoposition behaviour of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Central Europe and its forensic implications. En : Forensic Science International. (2007); p. 1-4.

AMES, C. and TURNER, B. Low temperature episodes in development of blowflies : implications for postmortem interval estimation. En : Medical and Veterinary Entomology. Vol. 17 (2003); p. 178-186.

ARCHER, M.S. and ELGAR, M.A. Yearly activity patterns in southern Victoria (Australia) of seasonally active carrion insects. En : Forensic Science International. Vol. 132 (2003); p. 173-176.

ARNALDOS, M. et al. Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. En : Forensic Science International. Vol. 149 (2005); p. 57-65.

BALDRIDGE, Robert; WALLACE, Susan and KIRKPATRICK, Ryan. Investigation of nocturnal ovoposition by necrophilous flies in Central Texas. En : Journal Forensic Science. Vol. 51, No. 1 (2006); p. 125-126.

BOUREL, Benoit et al. Flies eggs : a new method for the estimation of short-term post-mortem interval?. En : Forensic Science Internacional. Vol. 135 (2003); p. 27.

BYRD, Jason and CASTNER, James. Forensic Entomology : the utility of arthropods in legal investigations. Boca Raton : CRC Press, 2001. 418 p. ISBN 0-8493-8120-7.

CALDERÓN, Olger, TROYO, Adriana y SOLANO, Mayra. Cuantificación de formas larvales de *Synthesiomyia nudiseta* (Diptera: Muscidae) como un criterio en el análisis del intervalo post-mortem. En : Parasitología Latinoamericana. Vol. 60 (2005); p. 138-143.

CARVALHO, L.M.L et al. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. En : Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. Vol. 95, No. 1 (2000); p. 135-138.

CARVALHO, Lucila; LINHARES, Arício and TRIGO, José. Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. En : Forensic Science Internacional. Vol. 120 (2001); 140-144.

CASTILLO MIRALBES, Manuel. Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). Zaragoza : Sociedad Entomológica Aragonesa, 2002. v. 6, 94 p. ISBN 84-922495-7-9.

CATTS, E. P and GOFF, M. L. Forensic Entomology in Criminal Investigations. En : Annual Review of Entomology. Vol. 37, No. 2 (1992); p. 253-272.

_____ and HASKELL, Neal. Entomology and death: a procedural guide. Clemson, South Carolina : Joyce's print Shop, 1990. 182 p. ISBN 0-9628696-0-0.

CENTENO, Néstor. Experimentos de campo sobre sucesión de Fauna cadavérica. En : SIMPOSIO DE ENTOMOLOGÍA FORENSE. (5º : 2002 : Buenos Aires). Resúmenes del V Congreso Argentino de Entomología Forense. Buenos Aires, Argentina, 2002. p. 67-69.

_____; MALDONADO, Marcelo and OLIVA, Adriana. Seasonal patterns arthropods occurring on sheltered and un-sheltered pig carcasses in Buenos Aires Argentina. En : Forensic Science Internacional. Vol. 126 (2002); p. 63-70.

CLARK, K.; EVANS, L. and WALL, R. Growth rates of the blowfly *Lucilia sericata*, on different body tissues. En : Forensic Science Internacional. Vol. 156 (2006); p. 145-149.

CONGRESO IBÉRICO DE ENTOMOLOGÍA. (9º : 2000 : Zaragoza). [en línea]. Zaragoza (España): Memorias del IX Congreso Ibérico de Entomología, Julio 2000 [citado Junio del 2004]. Disponible en internet: <http://www.accesosis.es/~entomologialegal/>.

DONOVAN, Sarah et al. Larval growth rates of the blowfly, *Calliphora vicina*, over a range of temperatures. En : Medical and Veterinary Entomology. Vol. 20 (2006); p. 106-114.

FANTINO, Argyro; PERDIKIS, Dionyssios and ZOTA, Konstantina. Reproductive responses to photoperiod and temperature by diapausing and nondiapausing populations of *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lepidoptera – Noctuidae). En : Physiological Entomology. Vol. 29 (2004); p. 169–175.

FARAJI, Farid; JANSSEN, Arne and SABELIS, Maurice. Oviposition patterns in a predatory mite reduce the risk of egg predation caused by prey. En : Ecological Entomology. Vol. 27 (2002); p. 660-664.

FIGUEROA-ROA, Luiz y LINHARES, Arício. Sinantropia de los Calliphoridae (Diptera) de Valdivia, Chile. En : Neotropical Entomology. Vol. 31, No. 2 (abr.- jun. 2002); p. 233-239.

GRASSBERGER, Martin and REITER, Christian. Effect of temperatura on *Lucilia Sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special referente to isomegalen and isomorphen- diagram. En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p. 32-36.

GREENBERG, B. Flies of Forensic Indicators. En : Journal of Medical Entomology. Vol. 28, No. 5. (1991); p. 565-577.

HALL, Martin and DONOVAN, Sarah. Forensic Entomology : What can maggots tell us about murders?. En : Biologist. Vol. 48, No. 6 (2001); p. 249-253.

IANNACONE, José. Artropofauna de importancia forense en un cadáver de cerdo en Callao, Perú. En : Revista Brasileira de zoología. Vol. 20, No.1 (Mar. 2003), p. 85-90.

IRELAND, Sarah and TURNER, Bryan. The effects of larval crowding and food type on the size and development of the blowfly, *Calliphora vomitoria*. En : Forensic Science International. Vol. 159 (2006); p. 175–181.

JOY, J.; LIETTE, N. and HARRAH, H. Carrion fly (Diptera: Calliphoridae) larval colonization of sunlit and shaded pig carcasses in West Virginia, USA. En : Forensic Science International. Vol. 164 (2006); p. 183–192.

KIRKPATRICK, Ryan. Nocturnal light and temperature influences on necrophagous carrion- associating blow fly species (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance in Central Texas. Texas, 2004, 49 p. Thesis (Master of Science). Texas A&M University.

LONGORE, Travis and RICH, Catherine. A review of the ecological effects of road reconfiguration and expansion on Coastal Wetland ecosystems. Los Angeles, California : The Urban wildlands group, 2001. 12 p.

MAIER, Richard. Comportamiento Animal : un enfoque evolutivo y ecológico. Madrid, España : Mc Graw Hill, 2001. 608 p. ISBN 9788448130145.

MARTINEZ, Efrain; DUQUE, Patricia and WOLFF, Marta. Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. En : Forensic Science International. Vol. 166 (2007); p. 182–189.

MILLER, Jon and NAPLES, Virginia. Forensic Entomology for the laboratory based biology classroom. En : The American Biology Teacher. Vol. 64, No. 2 (feb. 2002); p. 136-142.

MOURA, Mauricio; DE CARVALHO, Claudio and MONTEIRO, Emygdio. A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Paraná. En : Memorias Instituto Oswaldo Cruz. Vol. 92, No. 2 (1997); p. 269-274.

OLIVA, Adriana. Entomología Forense : La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses. [en línea]. Buenos Aires (Argentina): Consejo nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, s. f. [citado 24 de Abril, 2006]. Disponible en internet: <www.pericias-forenses.com.br/esento.html>.

_____. Insects of forensic significance in Argentina. En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p. 145-154.

PAPE, Thomas; WOLFF, Marta y AMAT, Eduardo. Los califóridos, éstridos, rinofóridos y sarcófágidos (Diptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) de Colombia. En : Biota Colombiana. Vol. 5, No. 2 (2004); p. 201-208.

PITTS, K. M. and WALL, R. Adult mortality and oviposition rates in field and captive populations of the blowfly, *Lucilia sericata*. En : Ecology Entomology. Vol. 29 (2004); p. 727-734.

PYŻA, Elzbieta and CYMBOROWSKI, Bronisław. Circadian rhythms in behaviour and in the visual system of the blow fly, *Calliphora vicina*. En : Journal of Insect Physiology. Vol. 47 (2001); p. 897-904.

ROSSI, Gustavo et al. Dípteros vectores (Culicidae y Calliphoridae) en la provincia de Buenos aires Argentina. [en línea]. La Plata (Argentina): Comisión de Biodiversidad Bonarense, Junio 2002 [citado 26 de Septiembre, 2006]. Disponible en internet: <<http://www.vidasilvestre.org.ar/pdfs/dipteros-vectores-Bs-Asa.pdf#search=%22calliphoridae%22>>. ISSN 1514-284.

SALAZAR ORTEGA, Jorge. Estudio de la entomofauna sucesional asociada a la descomposición de un cadáver de cerdo domestico (*Sus scrofa*) en condiciones de campo -Municipio de Consacá (Nariño). San Juan de Pasto, 2005, 85 p. Trabajo de grado (Biólogo con Énfasis en Ecología). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Biología.

SILVA, C. R.; MANCERA, P. F. and GODOY, W. A. Population dynamics of *Lucilia eximia* (Diptera: Calliphoridae). En : Journal Applied Entomology. Vol. 127 (2003); p. 2-6.

SINGH, Devinder and BHARTI, Meenakshi. Further observations on the nocturnal oviposition behavior of blowflies (Diptera: Calliphoridae). En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p.124-126.

SMITH, Kenneth. A Manual of Forensic Entomology. Ithaca, New York : Cornell University Press, 1986. 205 p. ISBN 0-8014-1927-1.

SOHATH, Youssef. Entomología Forense : los insectos en la escena del crimen. En : Revista Luna Azul. No. 23 (jul. - dic. 2006); p. 42-49.

SHEWELL, G. E. Calliphoridae. En : FOOTE, Richard et al. Manual of Nearctic Diptera. Ottawa, Ontario : Biosystematics Research Centre, 1987. v. 2, p. 1133-1145.

SPENCER, Julie. The nocturnal oviposition behaviour of blowflies in the southwest of Britain during the months of August and September. London, 2002, 69 p. Thesis (Master of Entomology). Bournemouth University. School of Conservation Sciences.

TRIGO, Verónica. Descripción de las larvas II, III y el pupario de *Comptosomyiops fulvicrura* (Diptera: Calliphoridae). En : Revista Sociedad Entomológica Argentina. Vol. 65, No. 1/2 (2006); p. 87-99. ISSN 0373-5680.

USAQUEN, William y CAMACHO, Ginna. Ciclo de vida de *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora presente en hígado humano en el Instituto nacional de Medicina legal y ciencias Forenses. Bogotá, 2000. En : Revista del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Vol. 18, No. 2 (2004); p. 31-36.

WOLFF, Marta et al. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. En : Forensic Science International. Vol. 120 (2001); p. 53-59.

WOOLDRIDGE, J.; SCRASE, L. and WALL, R. Flight activity of the blowflies, *Calliphora vomitoria* and *Lucilia sericata*, in the dark. En : Forensic Science International. (2007); p. 1-4.

ANEXOS

Anexo A. Medio de cría

Se utilizó el medio de cría estandarizado por Harris et al¹⁶⁷ con algunas modificaciones:

Hígado de res	140 g.
Leche en polvo	30 g.
Huevo cocido	30 g.
Agua destilada	600 ml.

La mezcla de estos componentes se calienta hasta que alcance una temperatura de 80°C, en este momento se agrega 5 g de agar bacteriológico, y luego se licua hasta lograr una mezcla homogénea finalmente se vierte en un molde y se refrigera, cuando el medio está totalmente solidificado se corta en trozos que se utilizaran posteriormente en las cámaras de cría.

Anexo B. Familia Sarcophagidae

Se pudo observar que las larvas de tercer instar y pupas de Sarcophagidae alcanzan mayor longitud que Calliphoridae, 18 mm y 11 mm respectivamente. Las larvas y pupas de esta familia se caracterizan porque sus extremos posteriores tienen forma de embudo¹⁶⁸.

¹⁶⁷HARRIS, Op. cit. Citado por: HASKELL, Op. cit., p. 122.

¹⁶⁸OLIVA, Entomología Forense : La utilidad de los artrópodos en las Investigaciones Forenses, Op. cit.

Anexo C. Pupas de Sarcophagidae



Anexo D. Adulto de Sarcophagidae

