

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CARRERA DE MEDICINA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA – UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS



**“ESTIMACIÓN DEL INTERVALO POST MORTEM MÍNIMO MEDIANTE EL
CICLO BIOLÓGICO DE LA MOSCA SARCONESIA VERSICOLOR (BIGOT
1857) EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN LA CIUDAD DE LA PAZ, GESTIÓN
2022”**

Resolución HCC N° 059/2022

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

M.Sc. Pamela Alison Castillo Vega - UPEA

Ph.D. Carlos Molina Arzabe - UMSA

EL ALTO – BOLIVIA

2022

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Dr. Carlos Condori Titirico

RECTOR

Ph.D. Efrain Chambi Vargas

VICERRECTOR

Ph.D. Antonio López Andrade

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dr. Edwin Mamani Choquehuanca

DECANO DE ÁREA DE SALUD

Dr. Wuily Genaro Ramirez Chambi

DIRECTOR DE CARRERA DE MEDICINA

Dr. Ivar Chambi Huanaco

COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

AUTORIDADES CARRERA DE BIOLOGIA - UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

M. Sc. Francisco Osorio Zamora

DIRECTOR DE CARRERA DE BIOLOGIA

Ph.D. Adriana Rico Cernohorska

DIRECTORA INSTITUTO DE ECOLOGIA

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO – INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE ECOLOGÍA, CARRERA DE BIOLOGÍA (UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS)

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre 2022

El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

Los casos de homicidios y muertes violentas son frecuentes en nuestro medio, a pesar de los esfuerzos de las instituciones involucradas, esta problemática se muestra cada vez más frecuente, siendo necesaria la incorporación de herramientas que ayuden y respalden los métodos de pericia.

No obstante, la Universidad Pública de El Alto, a través de la carrera de Medicina y el Instituto de Investigación de Ecología, propusieron y desarrollaron el proyecto denominado: “ESTIMACIÓN DEL INTERVALO POST MORTEM MÍNIMO MEDIANTE EL CICLO BIOLÓGICO DE LA MOSCA SARCONESIA VERSICOLOR (BIGOT 1857) EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN LA CIUDAD DE LA PAZ, GESTIÓN 2022” siendo el proyecto financiado con recursos propios del docente investigador de la Universidad Pública de El Alto.

Es de mucha importancia poder presentar los resultados que se obtuvieron del proyecto, siendo el primero en publicarse en el área de las Ciencias Forenses. Esperando que la Institución con la que se cuenta con el acuerdo pueda también tener beneficios y se genere más conocimientos y competencias en los procedimientos que sean de utilidad en las investigaciones que lo ameriten.

Es importante resaltar la participación de los docentes investigadores de ambas instituciones en acuerdo, además de las autoridades que apoyaron al proyecto en su fase de ejecución. Que, a futuro, podrán mostrar gran interés en el campo de la Medicina Forense. Además, estos resultados fortalecerán los conocimientos de los estudiantes en la Universidad y reforzarán a las distintas disciplinas en el Instituto de Investigaciones. Siendo, además, un tema relevante para aportar a nuestra justicia.

.

Dr. Ivar Chambi Huanaco

COORDINADOR

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE MEDICINA

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

El instituto de Investigación de la Carrera de Medicina de la Universidad Pública de El Alto, mediante la Dirección de Ciencia y Tecnología coordina el desarrollo de proyectos de Investigación de Docentes y Auxiliares. Es por eso, que se agradece a las distinguidas autoridades de la Universidad desde Rectorado, Vicerrectorado, DICyT, Carrera de Medicina y al Instituto de Investigación, por hacer posible la ejecución de este proyecto denominado “ESTIMACIÓN DEL INTERVALO POST MORTEM MÍNIMO MEDIANTE EL CICLO BIOLÓGICO DE LA MOSCA SARCONESIA VERSICOLOR (BIGOT 1857) EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN LA CIUDAD DE LA PAZ, GESTIÓN 2022”.

De la misma manera, al “El Instituto de Investigaciones de Ecología” de la Carrera de Biología la Institución que formó parte del acuerdo Interinstitucional para la ejecución del proyecto de investigación.

Finalmente, al apoyo de colegas del área de Biología que dieron su aporte por medio de fotografías y material bibliográfico.

Dra. Pamela Alison Castillo Vega
DOCENTE INVESTIGADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
MEDICINA – UPEA

Ph.D. Carlos Molina Arzabe - UMSA
DOCENTE INVESTIGADOR
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
UMSA

ÍNDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA.....	7
2.2 PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES.....	9
2.3 MARCO HISTORICO.....	12
2.4 MARCO CONCEPTUAL.....	15
2.4.1 CONCEPTOS DE ENTOMOLOGÍA FORENSE.....	15
2.4.2 INSECTOS DE IMPORTANCIA FORENSE – DÍPTEROS.....	16
2.4.3 CICLO DE VIDA DE LOS ARTRÓPODOS.....	17
2.4.4 INÉRVALO POST MORTEM MÍNIMO.....	19
2.5 CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR.....	20
2.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES.....	21
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	22
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	22
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.3 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	25
3.4.1 POBLACIÓN.....	25
3.4.2 MUESTRA.....	25
3.5 AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	26

3.6.1 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	26
3.6.2 TÉCNICAS UTILIZADAS.....	27
3.6.3 RECOLECTA DE MUESTRAS.....	28
3.6.4 MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
3.6.4.1 TRAMPA.....	28
3.6.4.2 PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.....	29
3.6.4.3 CRIANZA DE INSECTOS EN ESTADOS INMADUROS.....	29
3.6.4.4 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE INSECTOS EN ESTADOS INMADUROS Y ADULTOS.....	29
3.7 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.7.1 DATOS DEL DESARROLLO BIOLÓGICO.....	30
3.7.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
3.7.3 MUESTRAS.....	31
3.7.4 DATOS DEL DESARROLLO BIOLÓGICO.....	31
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	32
4.1 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CICLO DE VIDA DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.....	32
4.2 CURVAS DE CRECIMIENTO DE LA ESPECIE SARCONESIA VERSICOLOR SEGÚN LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA.....	34
4.3 DESARROLLO LARVAL BAJO CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS ÉPOCAS DEL AÑO SECA Y HÚMEDA.....	36
4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE.....	37
CAPITULO IV: DISCUSIONES.....	42
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	44
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	45
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....	46

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1. Figurilla de cerámica maciza de madre e hijo.....	13
Figura 2. En el centro de la fotografía se puede ver un grupo de puparias de insectos que han sido mineralizadas por depósitos de manganeso.....	13
Figura 3. Polilla india de la harina (<i>Plodia interpunctella</i>) (Lepidoptera: Pyralidae) infestando un dulce de chocolate del tamaño de un bocado.....	14
Figura 4. Ciclo biológico de Dípteros (Familia Calliphoridae) en el cerdo A y B. Pucarani. Mayo – Julio 2013.....	19
Cuadro 1. Operacionalización de las variables.....	23
Figura 5. Prototipo de trampa para insectos.....	27
Figura 6. Duración de los ciclos biológicos en ambas épocas del año.....	32
Figura 7. Días acumulados en el ciclo biológico según la temperatura y humedad (época seca).....	33
Figura 8. Días acumulados en el ciclo biológico según la temperatura (época húmeda)...	34
Figura 9. Curvas de crecimiento según temperatura y días acumulados (época seca).....	35
Figura 10 Curvas de crecimiento según temperatura y días acumulados (época húmeda).....	36
Cuadro 2. Comparación del ciclo biológico entre ambas épocas.....	37
Figura 11. Huevos de <i>Sarconesia versicolor</i>	39
Figura 12. Estado de pupa.....	40
Figura 13. Estado adulto.....	41

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS.....	50
Imagen 1. Instalación del experimento en cabeza de cerdo (Etapa seca).....	53
Imagen 2. Recolección de estados inmaduros (época seca).....	54
Imagen 3. Medición de larvas en diferentes estadios (época seca).....	55
Imagen 4. Medición de larvas en diferentes estadios (época húmeda).....	56
Imagen 5. Pupas de Díptero (época seca).....	57
Imagen 6. Identificación de díptero adultos, vista lateral (época seca).....	57
Imagen 7. Identificación de díptero adulto, vista dorsal (época seca).....	58
Imagen 8. Estados inmaduros.....	58
Imagen 9. Estados inmaduros de díptero (espiráculo).....	59
Imagen 10. Estados inmaduros de díptero (larva 3 estadio).....	59

RESUMEN

- Problema de Investigación. Una de las dificultades en el sistema de justicia es el apoyo de disciplinas en el campo de las Ciencias Forenses, sobre todo para determinar el intervalo *post mortem* mínimo, que consiste en determinar el tiempo de muerte en las etapas iniciales. No existiendo algún método que pueda apoyar el cálculo, es por eso que se plantea con este estudio realizar curvas de crecimiento y desarrollo en diferentes condiciones climáticas para lograr mayor efectividad en el método del cálculo.
- Objetivos. Estimar el intervalo *post mortem* mínimo mediante el ciclo biológico de la mosca *Sarconesia versicolor* (Bigot 1857) en dos épocas del año en la ciudad de La Paz, gestión 2022. Además de determinar la influencia de la temperatura sobre el ciclo de vida de la especie en estudio, analizar las curvas de crecimiento de la especie, comparar el desarrollo larval bajo condiciones ambientales de las épocas del año seca y húmeda y describir las características de la especie.
- Metodología. El presente estudio fue con enfoque cualicuantitativo de tipo cuasiexperimental. Se instaló una especie de cebo con dos cabezas de cerdo instaladas cada una en una época del año. Se obtuvo formas inmaduras a partir de huevos y fueron sometidos a crianza en un ambiente particular, observando de esta manera el proceso de evolución hasta llegar a la etapa adulto.
- Conclusiones. El ciclo biológico de la especie *Sarconesia chologaster*, está relacionado principalmente a la temperatura y humedad ambiental, la carne de res y el hígado de pollo fueron la alimentación favorable para su desarrollo. El tiempo de duración del ciclo fue de 46 días en la época seca y 38 en la húmeda, siendo evidente con la variación climática. Por lo que se sugiere continuar con más investigación para obtener resultados más completos en otras condiciones de temperatura y humedad.

ABSTRACT

- Research Problem. One of the difficulties in the justice system is the support of disciplines in the field of Forensic Sciences, especially to determine the minimum post mortem interval, which consists of determining the time of death in the initial stages. Since there is no method that can support the calculation, that is why this study proposes to carry out growth and development curves in different climatic conditions to achieve greater efficiency in the calculation method.

- Objectives. Estimate the minimum post mortem interval through the biological cycle of the *Sarconesia versicolor* fly (Bigot 1857) in two seasons of the year in the city of La Paz, 2022 management. In addition to determining the influence of temperature on the life cycle of the species under study, analyze the growth curves of the species, compare larval development under environmental conditions of the dry and humid seasons of the year, and describe the characteristics of the species.

- Methodology. The present study was with a quasi-experimental qualitative-quantitative approach. A kind of bait was installed with two pig heads installed each at a time of the year. Mature forms were obtained from eggs and were reared in a particular environment, thus observing the evolution process until reaching the adult stage.

- Conclusions. The biological cycle of the *Sarconesia chologaster* species is mainly related to environmental temperature and humidity, beef and chicken liver were the favorable food for its development. The duration of the cycle was 46 days in the dry season and 38 in the wet season, being evident with the climatic variation. Therefore, it is suggested to continue with more research to obtain more complete results in other conditions of temperature and humidity.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El estudio de los insectos forma parte de la entomología forense es el estudio de insectos y ácaros presentes sobre un cadáver en descomposición, con el fin de identificar la fecha del deceso, e incluso las circunstancias en las que ocurrió el deceso.

Los insectos toman una importante participación dentro de un cuerpo en descomposición, pues contribuyen en los hechos criminales para la determinación del Intervalo *post mortem* mínimo (IPMm), empieza otra etapa de vida protagonizada por los insectos, quienes aportan en el establecimiento de la cronología de la muerte, es decir el tiempo transcurrido desde el deceso hasta que es hallado el cadáver y que depende mucho de factores externos como las condiciones ambientales como la temperatura. Sin embargo, es necesario contar con una base de datos relacionados al desarrollo larval en cada región del país para que tenga mayor aplicabilidad en las ciencias forenses.

Los diferentes tipos de insectos que encontramos en torno a un cadáver son clasificados globalmente como: necrófagos (que se alimentan del cadáver) especialmente su forma inmadura (larvas). Entre ellos se pueden encontrar: Familias de Dípteros (Calliphoridae, Sarcophagidae, Musidae, Phoridae, Piophilidae) y entre los Coleópteros (Cleridae, Dermestidae, Silphidae). Necrófilos (dípteros y coleópteros). Especies predadoras y Necrófagos (coleópteros, dípteros e himenópteros). Especies omnívoras (avispa, hormigas y otros coleópteros). Especies accidentales (arañas, ciempiés). Los Coleópteros de mayor importancia forense son de la Familia: Silphidae, Staphylinidae, Histeridae, Trogidae, Dermestidae, Cleridae y Nitidulidae.

Existen dos formas de estudiar el intervalo *postmortem* utilizando insectos: uno es a través de la sucesión de fauna cadavérica en cada etapa de descomposición; y otra es estudiando de manera específica la edad de las larvas ciclo biológico y crecimiento de cada individuo, a través de curvas de crecimiento. Es un gran aporte Médico Legal ya que podría orientar los hechos acontecidos de un crimen, por ejemplo, el lugar donde ocurrió la muerte, descuido de ancianos, muerte por envenenamiento con sustancias nocivas. El estudio del

desarrollo del ciclo biológico de insectos de importancia forense en la Investigación Médico Legal tiene relevancia en el campo de la Biología, Medicina Legal, Criminología y Derecho.

El código penal y código de procedimiento penal boliviano aprueba el registro del lugar del hecho en su Art. 174 Título II “Comprobación inmediata y medios auxiliares”. Indicando que el funcionario policial a cargo del registro elaborará un acta que describa detalladamente el estado de las cosas y, cuando sea posible, recogerá y conservará elementos probatorios útiles, dejando constancia. (Ley Orgánica del Ministerio Público, 2012)

En la presente investigación se tomarán en cuenta el desarrollo larval de los Dípteros, pues no existen, trabajos de investigación relacionados al crecimiento de los insectos para la determinación del tiempo de muerte.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La existencia de casos de muerte violenta en nuestro medio es altamente frecuente, debido que, en los medios de prensa se reporta un caso de asesinato u homicidio por día; es por eso que es importante profundizar disciplinas en el ámbito forense en nuestro medio, para de esta manera apoyar al sistema de justicia.

La falta de respaldos científicos en el área de las Ciencias Forenses, Criminalística y otras ramas afines, conlleva a ciertas dudas en el momento de la resolución de casos. Existiendo la falta de sustentación, sobre todo en la determinación del intervalo *post mortem*, ya que en su mayoría estos son resueltos en base a los testigos o descripciones físicas del cadáver, y resulta difícil cuando se encuentra en estados avanzados de descomposición cadavérica.

Las primeras etapas en determinar el intervalo *post mortem* resulta ser crucial para el esclarecimiento de los hechos, es por eso que la aplicación de la entomofauna cadavérica brinda métodos que respalden otras formas como por medio de la temperatura rectal, vaciamiento gástrico, etc.

La determinación del tiempo de muerte por medio de insectos no está muy estudiada actualmente, son pocos los aportes que podrían beneficiar en los sistemas de justicia, es

así que se necesita profundizar en esta disciplina por medio de investigaciones que respalden su importancia.

Además, no existen estudios sobre el Intervalo *post mortem* mínimo a través de Dípteros de importancia forense. Es decir, el tiempo que tardan estos artrópodos desde el momento de la oviposura hasta que son adultos y además del crecimiento en sus diferentes estadios larvales este mecanismo es útil en etapas tempranas.

El proyecto de Investigación “ESTIMACIÓN DEL INTERVALO POST MORTEM MÍNIMO MEDIANTE EL CICLO BIOLÓGICO DE LA MOSCA SARCONESIA VERSICOLOR (BIGOT 1857) EN DOS EPOCAS DEL AÑO EN LA CIUDAD DE LA PAZ, GESTIÓN 2022”, hace referencia al tiempo de muerte mínimo a partir del fallecimiento, que se puede obtener analizando a las primeras moscas (Dípteros) que llegan al cadáver dentro de las primeras horas, que como sabemos ellas son atraídas por los elementos químicos liberados por la descomposición en un ambiente expuesto.

Insaurralde (2003), define que, la familia Calliphoridae representa uno de los grupos necrófagos más importantes desde el punto de vista médico-legal. De acuerdo al estado de desarrollo de la mosca, la determinación de la especie y teniendo en cuenta los datos biogeográficos y antrópicos, además de los factores ambientales, se puede estimar el intervalo post mortem (IPM) (Cuevas, 2018).

En la obra de Jean Pierre Mégnin que, durante muchos años, fue considerada la guía a seguir en el estudio entomológico destinado a averiguar cuándo sucedieron los hechos. La posibilidad de estudiar y determinar con exactitud los tiempos de desarrollo de las larvas, proporcionó los datos necesarios para ajustar más los resultados (Castelló Ponce et al., 2014).

Es por eso que el estudio estará situado en una zona geográfica fría para relacionarlo con un hecho real en nuestro medio en dos épocas del año. Y de esta manera ver la influencia del clima.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

- Estimar el intervalo *post mortem* mínimo mediante el ciclo biológico de la mosca *Sarconesia versicolor* (Bigot 1857) en dos épocas del año en la ciudad de La Paz, gestión 2022.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la influencia de la temperatura sobre el ciclo de vida de la especie en estudio.
2. Analizar las curvas de crecimiento de la especie *Sarconesia versicolor* según las condiciones de temperatura.
3. Comparar el desarrollo larval bajo condiciones ambientales de las épocas del año seca y húmeda.
4. Describir las características de la especie.

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Hi. La temperatura y humedad baja, retardaran el ciclo biológico de la mosca (Díptero), es más evidente en la época seca a comparación de la húmeda. Eso debido a que, las condiciones climáticas son desfavorables en la primera época y la segunda es más beneficiosa para el desarrollo, es así que el intervalo *post mortem* mínimo es más corto en la época húmeda.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se desarrolló, por la falta de profundización y estudios del ciclo de vida de insectos de importancia forense, no existe un avance científico que apoye a los peritajes legales relacionados al Intervalo *Post mortem* mínimo en casos de homicidios y abandono de ancianos en algunos casos, y de esta manera pueda aportar al sistema judicial como una herramienta de respaldo. En otros países forma parte de los departamentos Policiales y Criminalística en el que ya se aplica en los juicios aportando en la resolución de varios casos. Los insectos son con frecuencia los primeros en llegar a la escena del

crimen, y además llegan con una predecible frecuencia, como ya ha sido mencionado en varios estudios publicados (Flores, 2009).

Se ha demostrado en el estudio de Castillo (2014), que en La Paz Bolivia el grupo de los primeros dípteros en llegar al cuerpo en descomposición pertenecen a la Familia Calliphoridae, de los Géneros *Sarconesia*, y especies *Sarconesia Versicolor* y *Saconesia Chologaster*, para lo cual serán de mucha utilidad para el Intervalo *Post mortem* mínimo (Pamela Castillo, 2014), sin embargo, el ciclo biológico solo se describe de forma general.

El IPMm, es el tiempo que transcurre en las primeras horas dentro del fallecimiento, y se obtiene mediante el estudio de su ciclo biológico que quiere decir las fases evolutivas por las que pasa la mosca desde huevo hasta adulto, y que puede estar influenciado por las condiciones climáticas.

En el estudio de Cuevas (2018), menciona que el ciclo biológico de Dípteros aportará sobre todo en la determinación del IPM en las etapas iniciales, porque será el tiempo que transcurre desde huevo hasta adulto, ayudará a comprender la influencia de las condiciones climáticas en su desarrollo y presencia y otros factores que son de importancia sanitaria, como la contaminación de alimentos y transmisión de enfermedades infecciosas porque los dípteros representan un grupo de particular interés por su capacidad de adaptación, distribución geográfica y capacidad reproductiva. Insaurralde (2003) indica que, la familia Calliphoridae representa uno de los grupos necrófagos más importantes desde el punto de vista médico-legal. De acuerdo al estado de desarrollo de la mosca, la determinación de la especie y teniendo en cuenta los datos biogeográficos y antrópicos, además de los factores ambientales, se puede estimar el intervalo *post mortem* (IPM) (Cuevas, 2018).

Es por eso, que es necesario realizar estudios que involucren el ciclo biológico de dípteros de importancia forense. Para tal efecto, se requieren los medios necesarios para poder criarlos, como por ejemplo la técnica de crianza de larvas en un determinado ambiente natural o artificial, y de esta manera poder llegar a observar los cambios que sufre en su ciclo evolutivo.

Estos dípteros también son de importancia sanitaria, debido a que transmiten enfermedades bacterianas y parasitarias, información que también será descrita en este estudio, por tener un carácter multidisciplinario.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.7 OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

Recientemente un estudio publicado en El Alto se ha demostrado una mayor abundancia de la especie *Sarconesia Versicolor*, por lo que es considerada de importancia Médico Legal y Sanitario en esa región (Castillo, 2021). Sin embargo, no hay estudios registrados que demuestren el ciclo biológico de esta especie de Díptero. En investigaciones internacionales como en Perú, se pudo evidenciar el ciclo biológico de otras especies pertenecientes a la Familia Calliphoridae como ser *Sarconesia Chollogaster*, especie que también ha sido registrada en Bolivia (Castillo et al., 2017). También en México – Texcoco observó de otras especies en México, en el que se menciona, que la temperatura influye directamente sobre el ciclo de vida de las especies *Lucilia sericata*, *Cochliomyia macellaria* y *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae); a menor temperatura el ciclo se alarga, a mayor temperatura, siempre que esté en un rango específico (menor a 30°C) el ciclo se acorta, sobre todo en la etapa larvaria que su presencia es frecuente en lugares cálidos (Cuevas, 2018). Es de mucha importancia en Medicina por su aplicación en larvaterapia. Y otro estudio que también demuestra la relación de la temperatura y humedad en el crecimiento larval en Argentina (Acosta et al., 2022).

En Bolivia aún no se ha desarrollado la disciplina de Entomología Forense por falta de datos y otros factores que limitan su investigación, no obstante, se tienen algunos aportes que fueron realizados por tesis de Posgrados como Sakuma que ha descrito el desarrollo larval de moscas de la Familia Calliphoridae (Sakuma Calatayud, 2005). Otras investigaciones que hacen mención de las especies, pero no del ciclo biológico.

La Entomología Forense es una disciplina auxiliar de la Medicina Legal, que utiliza los datos biológicos que pueden aportar los artrópodos en la investigación médico legal de la muerte, especialmente en aquellos casos de muerte violenta. (Hall, 1990). Por otro lado, esta ciencia proporciona una fuerte evidencia científica que puede ser presentada y defendida con éxito en los tribunales. Posee diversas aplicaciones que pueden resultar de mucho interés para la investigación forense, como es el caso de la Entomotoxicología, mediante la

cual se puede determinar la presencia de sustancias tóxicas en estadios larvales y adultos de insectos con interés forense (Nuorteva, 1982); (Forense, 2021).

La mayor parte de las familias de dípteros de interés forense son ovíparas, es decir, la hembra grávida hace la puesta de huevos. De cada uno emerge una larva conocida como larva I. Cuando crece lo suficiente, pasa a larva II y luego a larva III. Posteriormente, la larva III se aleja de la fuente de alimento para pupar, conociéndose como prepupa o larva III migratoria.

En cuanto a su alimentación, los insectos adultos pueden alimentarse de los fluidos del cadáver, sin embargo, las larvas de dípteros son las principales descomponedoras. Estas se crían juntas en grandes masas y se mueven en torno al cadáver promoviendo la diseminación de bacterias y secreción de enzimas, consumiendo los tejidos blandos, durante la descomposición, los restos pasan por una serie de cambios biológicos, químicos y físicos (Galante & Marcos-García, 1997); (Cuevas, 2018)

La clase hexápoda presenta una enorme diversidad, por lo cual es posible encontrar dentro de ella un número considerable de especies que funcionan como buenos indicadores ecológicos. El cadáver de un vertebrado, incluyendo los seres humanos, proporciona un ambiente que cambia rápidamente y que sostiene una gran variedad de insectos asociados con diferentes etapas de su descomposición (Oliva, 2007); (Cuevas, 2018).

Estudios en Bolivia como la “Caracterización de la entomofauna cadavérica y tiempo de desarrollo larvario de noviembre a enero de 2004”, autor Ericka Sacuma, en el municipio de Mecapaca del Departamento de La Paz (Sakuma Calatayud, 2005), muestran a dípteros en sus distintas etapas de desarrollo mas no los días acumulados.

Otro estudio realizado en Cochabamba “Investigación de fauna cadavérica de importancia forense y determinación del intervalo *post mortem* a través del estudio de muestras entomológicas, que fueron identificados otras especies de díptero, pero tampoco hacen mención sobre el ciclo biológico, pero si de los datos de temperatura y humedad, siendo muy favorables para su diversidad y desarrollo. Estos estudios se realizaron en otro tipo de región, que es distinto por el tipo de clima y altitud (Sandy et al., n.d.).

2.2 PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

Estudios relacionados al IMPm, tenemos a “Determinación del intervalo *post mortem* mínimo (IPM) basado en un modelo de acumulación térmica con una cepa de *Lucilia eximia* (Diptera: Calliphoridae) de Costa Rica, cuyo objetivo principal fue de Comparar el IPM calculado mediante un modelo de acumulación térmica con *L.eximia* (Diptera: Calliphoridae), con el IPM real en cadáveres de cerdos domésticos (*Sus scrofa*) (Elizondo-Delgado et al., 2019).

También una investigación realizada en Texcoco: “CURVAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS PRIMEROS DÍPTEROS COLONIZADORES DE CADÁVERES (DÍPTERA: CALLIPHORIDAE) EN TEXCOCO DE MORA, ESTADO DE MÉXICO”, donde se pudo evidenciar que el efecto de la temperatura sobre el ciclo de vida de las especies *Lucilia sericata*, *Cochliomyia macellaria* y *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae), en donde se comprobó que a menor temperatura el ciclo se alarga, a mayor temperatura, siempre que esté en un rango específico (menor a 30°C) el ciclo se acorta, sobre todo en la etapa larvaria. Se demostró que el hígado de pollo resulta ser un sustrato alimenticio eficaz para desarrollar a las tres especies bajo condiciones de laboratorio y se produjeron las curvas de crecimiento de las tres especies estudiadas, lo que podría ser útil para la realización de dictámenes periciales asociados a la Entomología Forense, ya que, teniendo datos del desarrollo de los insectos, se puede lograr un intervalo posmortem más cercano al real. (Cuevas, 2018)

Las ciencias forenses exigen cada vez más el desarrollo de métodos fiables enfocados sobre herramientas útiles para la disciplina. Uno de las principales preocupaciones son la estimación del tiempo hasta la muerte (Faris et al. 2020), que generalmente se expresa a través del Mínimo *Pos tmortem* Intervalo (PMImin). PMImin se refiere al tiempo mínimo entre la colonización de un cadáver por insectos y su descubrimiento (Merritt 2020). La mayoría de los estudios realizados para obtener datos para estimar el PMImin son cumplido mediante el cultivo de etapas preimaginales de moscas en el laboratorio, a temperaturas constantes (Chen et al. 2019).

Por lo tanto, una forma de validar los métodos y resultados obtenidos en el laboratorio es comparar con los obtenidos en campo, en condiciones naturales, donde la temperatura

fluctúa diariamente (Anderson 2000, Tarone y Foran 2008, Lecheta et al. 2015, Yang et al. 2016, Faris et al. 2020).

Para predecir la actividad y densidad de los insectos, es fundamental estar capaz de comprender la variación de los factores climáticos que actúan ellos (Speight et al. 2008). Así, factores bióticos y abióticos como la temperatura, la precipitación, la humedad y el fotoperíodo influyen en la tasa de desarrollo de los organismos (Speight et al. 2008, Wells y LaMotte 2010, Bauer et al. 2020). Esta tasa de desarrollo proporciona información esencial para comprender la dinámica ecológica de los insectos.

De esas variables, la temperatura es la más relevante y tiene ha sido intensamente estudiado (Ikemoto y Takai 2000, Wu et al. 2015).

Por otra parte, el efecto del fotoperíodo sobre el desarrollo y ecología de insectos que viven en climas estacionales, por ejemplo, la duración del día proporciona información sobre la progresión de las estaciones y condiciones para las tasas de crecimiento y desarrollo de los insectos, permitiéndoles sincronizarse eficientemente con los más favorables (Speight et al. 2008, Bauer et al. 2020). Sin embargo, hasta la fecha, se ha avanzado muy poco en el estudio de su efecto sobre especies de importancia forense (Bauer et al. 2020).

En entomología forense, a menudo se supone que un microclima existe en torno a las diferentes etapas de desarrollo de un insecto. En de esta manera, es posible correlacionar este microclima con la ambiente temperatura, suponiendo una temperatura media constante, y estimar así la edad del insecto (Grassberger y Reiter 2001).

Un problema es que las temperaturas ambientales fluctúan diariamente y estacionalmente, dificultando la estimación del PMImin a partir de los datos obtenidos a una sola temperatura (Yang et al. 2016, Chen et al. 2019). Para Por esta razón, los datos obtenidos a diferentes temperaturas constantes son a menudo se usa para hacer estas estimaciones (Bourel et al. 2003). Así, diferentes métodos implican: (1) el análisis del tamaño de la larvas (longitud y peso), tales como isomegalendiagrams (Reiter 1984, Grassberger y Reiter 2001) o modelos de crecimiento (Day y Wallman 2006, Lecheta y Moura 2019); (2) el análisis de la tiempos totales para cada evento de desarrollo, como isomorfodiagramas (Grassberger y

Reiter 2001), o modelos de suma térmica que implican el cálculo de los Grados-Hora Acumulados (ADH) (Ikemoto y Takai 2000, Kipyatkov y Lopatina 2010).

Alternativamente, existen métodos más sofisticados (matemáticas modelos, técnicas de genética molecular, entre otros) para estimar la hora de la muerte utilizando insectos de interés forense, estos los métodos se están desarrollando y pocos son factibles de replicar amplia y sistemáticamente en América Latina (Acosta et al., 2020).

Si definimos la precisión como la capacidad del intervalo de predicción para cubren la edad real (Faris et al. 2020), el análisis de la entomología evidencia para estimar el PMImin es una de las más precisas disponible y se puede aplicar mucho después de los primeros días después de la muerte de un individuo, contrariamente a los métodos disponibles para los patólogos (Bauer et al. 2020).

Las moscas azules (Diptera: Calliphoridae) son moscas necrófagas que llegan al cadáver, a menudo minutos después de la muerte. Esta familia de moscas es uno de los más importantes a nivel forense para la estimación de PMI, y las del género *Lucilia* (Robineau-Desvoidy) se destacan (Byrd y Tomberlin 2020). En Argentina, dos se han descrito especies nativas de *Lucilia* (*L. ochricornis* y *L. purpurascens*), y se han estudiado activamente en los últimos años (Acosta et al. 2020a, b, 2021) para descubrir aspectos de importancia forense en investigaciones entomológicas.

Así, este trabajo tiene como objetivo: (1) evaluar los parámetros (peso, longitud, tiempo de desarrollo) asociados con los ciclos de vida de *L. ochricornis* y *L. purpurascens* en condiciones experimentales en el campo considerando temperaturas fluctuantes, y (2) comparar estos resultados con los conocidos y publicados por los mismos autores para cultivos realizados en el laboratorio a temperatura constante; que nos permitirá contrastar las metodologías existentes más utilizadas para aplicaciones forenses en la estimación del mínimo post mortem intervalo (PMImin). Materiales y métodos Obtención de especímenes y diseño experimental de campo *L. ochricornis* y *L. purpurascens* fueron capturadas en los meses de enero, abril y octubre de 2018 para los meses de otoño, primavera y experimentos de verano, respectivamente. Las capturas se realizaron en la localidad de La Caldera

Bogdanow (1908) fue el científico pionero en la cría de insectos necrófagos, al utilizar una dieta sintética con base en extracto de carne para criar a *Calliphora vomitoria*; a partir de entonces, pero de manera esporádica, la crianza de insectos con dietas artificiales se ha destinado para llevar a cabo estudios experimentales en dípteros de la familia Calliphoridae. Las dietas artificiales para insectos se clasifican en: holídicas que integran elementos químicos puros; las dietas merídicas que utilizan elementos químicamente conocidos y componentes químicamente no definidos, y finalmente las oligídicas, que por lo general usan material natural crudo de origen animal o vegetal (Acatitla et al. 2004); (Cuevas, 2018).

Para elevar la temperatura en el laboratorio y mantenerla en el rango correspondiente de cada repetición, se utilizó un Calefactor Radiador relleno de aceite Heat Wave HR1507 ZCR 3 Niveles, color crema. Para disminuir la temperatura se utilizó un Enfriador de Aire 3 en 1, negro con blanco marca ADIR, modelo 4821, el cual tenía que estar programándose cada dos horas para mantener la temperatura deseada. El fotoperiodo se realizó con luz artificial, alternando 12 horas luz con 12 horas de oscuridad.

Para su alimentación hígado de pollo como sustrato de oviposición y para purificar la especie, cada vez que se detectaba una nueva masa de huevos, se separaba en cámaras de cría independientes (Cuevas, 2018)

Finalmente, Pinilla et al. (2010), obtuvieron resultados óptimos en la cría de *L. sericata* con sustratos alimenticios a base de hígado de res, leche en polvo, pescado e hígado en polvo (Cuevas, 2018).

2.3 MARCO HISTORICO

Desde la antigüedad ya se conocía la existencia de los insectos, es por eso que se demuestra por el hallazgo de diferentes reliquias arqueológicas que fueron hallas en distintos lugares del mundo. En Barnes (2013) por ejemplo se muestra una figurilla de cerámica maciza de madre e hijo. En esta figura se descubrieron dos impresiones de puparia muy separadas (Figura 1).

Detalle del reverso de una pequeña figurilla de cerámica maciza. En el centro de la fotografía se puede ver un grupo de puparias de insectos que han sido mineralizadas por

depósitos de manganeso (depósitos negros), mientras que las impresiones no mineralizadas se pueden ver adyacentes y en la parte superior derecha (Figura 2).

Figura 1. Figurilla de cerámica maciza de madre e hijo



Fuente: Foto cortesía de Robert B. Pickering, Archivos fotográficos, Museo de Historia Natural de Denver (Barnes, 2013).

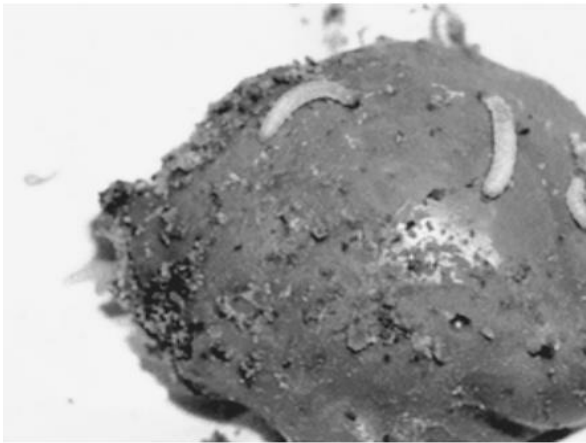
Figura 2. En el centro de la fotografía se puede ver un grupo de puparias de insectos que han sido mineralizadas por depósitos de manganeso



Fuente: Foto cortesía de Robert B. Pickering, Photo Archives, Museo de Historia Natural de Denver (Barnes, 2013).

Otro ejemplo, se ven larvas de polilla india de la harina (*Plodia interpunctella*) (Lepidoptera: Pyralidae) infestando un dulce de chocolate del tamaño de un bocado. A menudo, los litigios civiles relacionados con la contaminación por insectos de los productos alimenticios requieren un entomólogo forense (Figura 3).

Figura 3. Polilla india de la harina (*Plodia interpunctella*) (Lepidoptera: Pyralidae) infestando un dulce de chocolate del tamaño de un bocado.



Fuente: Foto cortesía del Dr. Jason H. Byrd.
(Barnes, 2013).

El investigador Sung Tz'u (también conocido como Song Ci), que su relato sobre el asesinato sucedido en una pequeña aldea de China, sería reproducido una y otra vez en las más importantes obras sobre Ciencias Forenses. Por varias razones, además. La primera es que se trata de un buen ejemplo de resolución de un caso criminal con base científica en una época muy temprana; pero también se debe a que se considera la primera investigación en la que se hace participar los insectos con ese fin. (Castelló Ponce et al., 2014).

La metamorfosis de los insectos fue estudiada intensamente durante el siglo XVII y más adelante en el XIX, se constató que los cadáveres aun siendo recientes, resultan ser muy atractivos para ellos. Sobre todo, para determinadas clases. De hecho, científicos de prestigio en el ámbito forense, -el profesor Mateo Orfila es un buen ejemplo-, dedicaron parte de su tiempo a investigar a este asunto, pero sin relacionar en principio la entomología con la determinación del intervalo *postmortal* (Castelló Ponce et al., 2014).

Como en esa época la casa pertenecía a otras personas, los actuales propietarios quedaron libres de cargo alguno. Aunque con toda seguridad sus resultados serían cuestionables en la actualidad, en su momento la prueba tuvo una gran repercusión y potenció el interés por el conocimiento de la biología de los insectos y su contribución a la Medicina Forense. Son muchos los investigadores que aportan nuevos datos hasta que, en 1888, George P. Yovanovich publica su obra titulada *Entomologie appliquée à la Médecine Légale* y unos años después, en 1894, Jean Pierre Mégnin da a conocer *La Faune des cadavres*, donde explica cómo los insectos, en forma de escuadras, van accediendo sucesivamente y en perfecto orden a los cadáveres. En consecuencia, el estudio de la fauna entomológica podrá dar una información trascendental para determinar la data de la muerte. Volveremos sobre las aportaciones de Megnin más adelante. Avancemos ahora hasta el siglo XXI para revisar qué puede decirnos hoy en día la Entomología Forense y qué cuestiones forenses es capaz de responder (Castelló Ponce et al., 2014).

2.4 MARCO CONCEPTUAL

2.4.1 CONCEPTOS DE ENTOMOLOGÍA FORENSE

La entomología forense es un amplio campo donde interactúan la ciencia de los artrópodos y el sistema judicial. Se ha subdividido en tres áreas principales centradas en los temas que se litigan con mayor frecuencia (Lord y Stevenson, 1986). Por lo tanto, la entomología urbana se concentra principalmente en controversias que involucran termitas, cucarachas y otros problemas de insectos que se acumulan en el entorno humano. El nombre “urbano” es algo inapropiado, ya que las acciones molestas privadas o públicas que involucran insectos plaga, como las moscas que emanan del ganado o instalaciones similares, se clasifican bajo este encabezado. Actualmente hay muchos litigios que involucran molestias por insectos en relación con actividades agrícolas, especialmente corrales de engorde de ganado, gallineros e instalaciones porcinas “corporativas”. Que numerosas demandas se relacionan con el daño por termitas, el exterminio de termitas y el efecto de las termitas y las plagas estructurales relacionadas en el valor de los bienes inmuebles no debería ser una sorpresa. (Barnes, 2013)

La rúbrica “urbana” no es tan fácil de prever para los no iniciados. Los pacientes hospitalizados y geriátricos sufren ocasionalmente miasis (infestación por larvas de

moscas) y esto suele dar lugar a acciones por negligencia. Las acciones de negligencia contra las funerarias pueden resultar de cadáveres infestados de gusanos. (Barnes, 2013)

Autores como Catts & Goff (1992), Anderson (1997), y Hall (2001) coinciden al definir a la Entomología Forense como aquella que se encarga del estudio de los insectos asociados a cadáveres, disciplina en donde la ciencia de los artrópodos interactúa con el sistema de procuración de justicia.

Pancorbo et al. (2006), mencionan que la Entomología Forense es el estudio de los insectos asociados a un cuerpo muerto; una herramienta científica aplicada al estudio de la sucesión de insectos o artrópodos en la escena de un crimen o de una muerte accidental o natural, cuyo principal objetivo es establecer la estima del intervalo post-mortem (IPM) (Cuevas, 2018).

La Entomología es una ciencia de uso potencial en múltiples aspectos de interés humano. Uno de los aspectos aplicados es la Entomología Forense, de creciente interés en su aplicabilidad a procesos de índole judicial. Al igual que en las demás investigaciones forenses, el procedimiento riguroso resulta fundamental en la práctica de esta disciplina (Católico, 2006).

Si el intervalo *postmortem* puede ser deducido a partir de la colonización de un cadáver por parte de los artrópodos, sería deseable que alguien con experiencia en la ciencia concreta pudiera estar presente en el escenario forense. Como apuntan Klotzbach et al. (2004), en caso de que el entomólogo no pueda estar presente (como suele ocurrir en España), es necesaria una información completa acerca de tal escenario y sus características ambientales debido a la enorme influencia que los factores ambientales tienen sobre la fauna artropodina (Católico, 2006)

2.4.2 INSECTOS DE IMPORTANCIA FORENSE - DÍPTEROS

Los insectos son los organismos más numerosos y diversos del planeta. Si bien se han descrito y nombrado menos de un millón de especies, las investigaciones indican que en realidad pueden existir entre 3 y 30 millones. Se encuentran en casi todos los hábitats terrestres y también en la mayoría de los acuáticos, excepto en el agua salada. Como grupo, los insectos han desarrollado la presencia de alas, una característica que los distingue de

todos los demás invertebrados. Esto les permite viajar distancias considerables cuando buscan alimento o intentan ubicar un hábitat adecuado para poner sus huevos. Este es un factor extremadamente importante en especies de importancia forense que deben localizar y utilizar rápidamente recursos temporales como la carroña.

Los artrópodos son aquellos animales invertebrados con patas articuladas, que corresponden a los insectos, arácnidos, ciempiés, milpiés y crustáceos, se caracterizan por tener seis patas y un cuerpo dividido en tres regiones. El estudio de insectos se denomina entomología (Barnes, 2013).

“Dentro de los artrópodos los insectos se caracterizan por tener una cabeza bien definida, con un par de antenas, un tórax de tres segmentos que lleva las patas y un abdomen sin apéndices” (Oliva, 2002).

En un buen protocolo de escena del crimen es bueno tener un entomólogo con especialización forense como miembro del equipo de ciencias forenses, y que será consultado para la identificación precisa e interpretación de la evidencia de insectos (Barnes, 2013).

Se denomina Entomología Forense a la relación entre los artrópodos y los procesos legales, que también resulta de la aplicación en la data de la muerte y la evaluación del lugar de fallecimiento. Identificación de tóxicos y estupefacientes, abandono de ancianos, miasis, alergias y parasitosis inusuales.

2.4.3 CICLO DE VIDA DE LOS ARTRÓPODOS

Los artrópodos son aquellos animales invertebrados con patas articuladas, que corresponden a los insectos, arácnidos, ciempiés, milpiés y crustáceos, se caracterizan por tener seis patas y un cuerpo dividido en tres regiones. El estudio de insectos se denomina entomología. (Barnes, 2013)

“Dentro de los artrópodos los insectos se caracterizan por tener una cabeza bien definida, con un par de antenas, un tórax de tres segmentos que lleva las patas y un abdomen sin apéndices”. (Oliva, 2007).

En un buen protocolo de escena del crimen es bueno tener un entomólogo con especialización forense como miembro del equipo de ciencias forenses, y que sera consultado para la identificación precisa e interpretación de la evidencia de insectos. (Barnes, 2013)

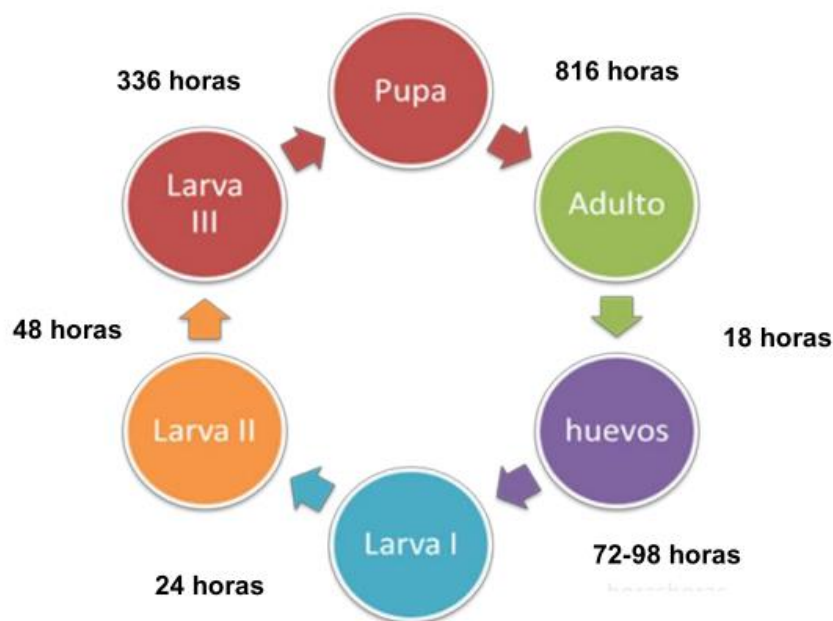
Se denomina Entomología Forense a la relación entre los artrópodos y los procesos legales, que también resulta de la aplicación en la data de la muerte y la evaluación del lugar de fallecimiento. Identificación de tóxicos y estupefacientes, abandono de ancianos, miasis, alergias y parasitosis inusuales.

En condiciones favorables estas especies ponen sus huevos alrededor de orificios naturales o heridas en el fresco cadáver poco tiempo después de la muerte. Estos eclosionan para larvas, que crecen a través de tres etapas. Durante la última parte de la tercera etapa, las larvas dejan de alimentarse, migran del cadáver y se entierran en el suelo para convertirse en pupas.

La etapa de pupa tiene la mayor duración antes que los adultos. surgir. Al ser poiquilotérmicos, la tasa de desarrollo de los insectos es gobernada por la temperatura ambiente; cuanto mayor sea la temperatura se produce el desarrollo más rápido. Así al conocer el la temperatura ambiente y el progreso del desarrollo de la mosca azul, una estimación del tiempo desde que se pusieron los huevos puede ser hecha. (Ames & Turner, 2003).

En el trabajo realizado por Castillo (2014), cuando la temperatura media fue de 14°C y la Humedad de 30%, la llegada de la primera mosca y oviponer fue a las 18 horas tras la muerte, seguido de la primera observación de larvas tipo I que duro un lapso de 72 - 98 horas correspondientes a 3 - 4 días, el paso a larvas tipo II fue de 24 horas correspondiente a un día, luego a larvas tipo III que fue en un tiempo de 48 horas que equivale a dos días, el periodo de larvas tipo III a pupas fue de 336 horas (14 días), y finalmente de pupas a moscas adultas fue de 816 horas correspondientes a 34 días. En total el ciclo biológico tuvo una duración de 1340 horas que corresponden a 55 días, desde el momento de la ovoposición hasta la eclosión del primer espécimen. Y teniendo en cuenta además como referencia del lugar, los datos de la altura de 3852 m.s.n.m. y las estaciones del año otoño – invierno. (Fig. 4)

Figura 4. Ciclo biológico de Dípteros (Familia Calliphoridae) en el cerdo A y B. Pucarani. Mayo – Julio 2013



Fuente: Castillo, 2014

Resultados que nos ayudarán a realizar la comparación con el presente trabajo de investigación.

2.4.4 INÉRVALO POST MORTEM MÍNIMO

Existen dos métodos para estimar el Intervalo *post mortem* PMI usando desarrollo de moscas azules están disponibles. El tamaño de la larva, por lo general la longitud, puede ser en comparación con los datos sobre el tamaño de las larvas en relación con la temperatura.

Catts (1992), indica que uno de los mayores aportes de la entomología forense a las investigaciones periciales, es el cálculo del intervalo post mortem mínimo (IPM), el cual consiste en el período circunscrito por el momento de muerte y el hallazgo del cadáver respectivo. El cálculo del IPM basado en el conocimiento biológico de especies de insectos afines a cuerpos en descomposición resulta útil cuando las estimaciones basadas en

criterios patológicos son infructuosas (Gonzales, 2012), así mismo ocurre especialmente cuando los cadáveres se encuentran en estado avanzado de descomposición, situación que dificulta al patólogo forense estimar las causas y el tiempo de muerte. En el contexto de la investigación forense, los análisis entomológicos son considerados las opciones que brindan la mejor precisión en la estimación del tiempo de muerte después de 72 horas del deceso. De los distintos modelos a los que se puede recurrir para obtener esta información, el método basado en la acumulación térmica, mediante el cálculo de grados-hora acumulados (ADH, por sus siglas en inglés de accumulated degree hours), es uno de los más utilizados. Este representa una estimación de la inversión energética requerida en el ciclo de desarrollo por parte del insecto.(Elizondo-Delgado et al., 2019)

Para aplicar este método, es necesario disponer de datos inherentes a la especie o especies halladas en el cadáver que constituyen indicadores forenses. Dentro de estos figuran la temperatura óptima para el desarrollo de los estadios, la duración de estos a dicha temperatura, la temperatura base, así como los datos de temperatura de la estación meteorológica más cercana a la ubicación del cadáver (Elizondo-Delgado et al., 2019).

2.5 CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

Por la obtención de datos descriptivos del ciclo biológico de los especímenes, el estudio es considerado cualitativo. Porque, además se describe las características morfológicas en su etapa adulto gracias a claves taxonómica que ayudan a llegar hasta especie de cada individuo.

También es considerado cuantitativo porque se obtuvo un número determinado de individuos en la etapa inicial y final de la investigación. Siendo así, un estudio cuasiexperimental, ya que los individuos fueron sometidos a temperaturas ambientales en dos condiciones climáticas, sin contar con un grupo control.

El actual estudio mixto es aplicado por varios investigadores, porque de esta forma se demuestra tanto la descripción como datos numéricos en cuanto a la abundancia en un determinado periodo de tiempo.

2.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES

Los autores: Acosta, X., Corronca, J. A., González-Reyes, A. X., & Centeno, N. D. (2022). Demostraron el “Postmortem Interval Estimation and Validation Through a Comparative Study of South American Flies Reared in the Field Versus Laboratory Conditions”. Ames, C., & Turner, B. (2003) “Low temperature episodes in development of blowflies”. En el artículo de Castillo, P., Sanabria, C., & Monroy, F. (2017). “Insectos de importancia forense en cadáveres de cerdo (sus scrofa) en La Paz Bolivia. En la revista Medicina Legal de Costa Rica y otra revista del autor católico, F. el. (2006). Revista Aragonesa de Medicina Legal. Cuevas, I. M. (2018). CURVAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS PRIMEROS DÍPTEROS COLONIZADORES DE CADÁVERES (DÍPTERA: CALLIPHORIDAE) EN TEXCOCO DE MORA, ESTADO DE MÉXICO. Forense, C. (2021). Determinación del intervalo postmortem (IPM) mediante el estudio tafonómico y la sucesión de insectos en un cadáver parcialmente enterrado en Matanzas, Cuba. Sakuma Calatayud, E. (2005). “Caracterización De Entomofauna Cadavérica Y Tiempo De Desarrollo Larvario En La Localidad De Mecapaca. Acosta, X., Corronca, J. A., González-Reyes, A. X., & Centeno, N. D. (2022). Postmortem Interval Estimation and Validation Through a Comparative Study of South American Flies Reared in the Field Versus Laboratory Conditions.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación tiene un enfoque de tipo cualicuantitativo, porque se describirán aspectos relacionados al desarrollo larval, y cuantitativo porque se obtendrán datos numéricos en relación a las medidas de las larvas desarrolladas y días acumulados.

Será una investigación descriptiva, observacional prospectiva, porque por medio de los resultados se podrá verificar el tamaño normal de larvas en condiciones ambientales similares en al proyecto de investigación elaborado en El Alto.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño exploratorio no experimental, ya que no se cuenta con un grupo control, pero si es considerado cuasiexperimental, porque los biomodelos están sometidos a dos condiciones de clima al igual de los individuos recolectados. El estudio se presentó en las siguientes etapas, que son:

- Planificación del proyecto, verificación y validación de la obtención de formas inmaduras, material necesario para el inicio del proyecto.
- Recolección de los insectos en sus formas inmaduras datos registrados en libreta de anotaciones, fichas entomológicas o base de datos Excel.
- Medición diaria de las larvas en desarrollo hasta llegar a su estado adulto.
- Análisis de datos que serán pasados a una tabla en Excel y luego analizados en un programa estadístico SPSS para análisis multivariable y tabla de frecuencias.

3.3 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Las variables dependientes:

Temperatura ambiental (T°C)

Humedad ambiental (Humedad)

Épocas de año (seca y húmeda)

Variables independientes:

Tamaño de las larvas (mm)

Ciclo de vida:

- Huevos
- Larvas:
 - o Instar I
 - o Insta II
 - o Instar III
- Pupas
- Adultos

La operacionalización de las variables se identifica según los objetivos planteados, además de la definición conceptual, los indicadores, instrumentos para la recolección de datos, fuentes de información y el análisis estadístico (Cuadro 1).

Cuadro 1. Operacionalización de las variables

Objetivo Especifico	Variable	Definición conceptual de la variable	Definición Operacional	Indicadores	Instrumento de recolección o medición	Fuente de información
1. Determinar la influencia de la temperatura sobre el ciclo de vida de la especie en estudio.	TEMPERATURA AMBIENTAL	Estado del ambiente que se manifiesta en el aire y en los cuerpos en forma de calor, en una graduación que fluctúa entre dos extremos que, convencionalmente, se	Número de grados centígrados	Grados centígrados	Termohidrómetro	-Ficha entomológica

		denominan: caliente y frío.				
	CICLO DE VIDA	Período que incluyen todas las diferentes especies que, mediante la reproducción, ya sea a través de la reproducción asexual o sexual, generan organismos idénticos a partir de otros.	Instar	Huevo Larva: Instar I Insta II Instar III Pupa Adulto	Observación	- Ficha entomológica
2. Analizar las curvas de crecimiento de la especie <i>Sarconesia versicolor</i> según las condiciones de temperatura	TAMAÑO	Tamaño es un adjetivo que refiere a la dimensión, el cuerpo, el grosor, la medida o el espesor de algo. El concepto se vincula a qué tan pequeño o grande resulta un objeto físico.	Milímetros	Longitud Diámetro	Regla milimetrada	- Ficha entomológica
	HORAS ACUMULADAS	Tiempo que transcurre en un determinado periodo	Horas	Número de horas	Tiempo	- Ficha entomológica

3. Comparar el desarrollo larval bajo condiciones ambientales de las épocas del año seca y húmeda.	Épocas del año	Son los periodos, de meses cada uno, en los cuales ciertas condiciones climáticas se mantienen más o menos estables.	Épocas	Seca Húmeda	Termohidrómetro	- Ficha entomológica
---	----------------	--	--------	--------------------	-----------------	----------------------

Fuente: Pamela Castillo, 2022

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 POBLACIÓN

Se instalaron don cabezas de cerdo, uno para cada época. La población a tomar en cuenta fue aproximadamente entre 50 a 100 huevos depositados en la cavidad bucal de la cabeza de cerdo en la trampa. Donde se obtendrá una cantidad de 50 huevos aproximadamente para el estudio de crianza de la cavidad bucal, ya que muchos pueden no sobrevivir durante la crianza por cualquier factor.

3.4.2 MUESTRA

Será la cantidad de agrupación de huevos que coloquen las moscas en la cavidad bucal de la cabeza de cerdo.

El estudio se establecerá en un cuarto cría privada, ubicado en la Zona Alto San Antonio de La Paz, será un ambiente frío. Las coordenadas GPS: Longitud (dec): -98.896667 y Latitud (dec): 19.475556. Con una altura de 3620 metros sobre el nivel del mar.

3.5 AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

El macrodistrito San Antonio está conformado por cuatro distritos 14, 15, 16 y 17; tiene una población de 134.886 habitantes. También se caracteriza por tener un importante hito comercial, el Cruce de las Villas, donde confluyen muchos comerciantes, principalmente en el sector manufacturero, donde fueron asentándose varios talleres de costura y confección, además del comercio.

Es una zona alejada de la cordillera, por lo que el clima es templado, poca vegetación y es una zona muy urbanizada.

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.6.1 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Previo al inicio del trabajo de campo, se diseñó un prototipo de trampa para insectos (Figura 5), para demostrar la utilidad en la captura.

Los materiales que se utilizaron fueron: dos botellas de soda vacía de 1 ½ litro, malla tul de 1x1 metro, aserrín que contenía un vaso de plástico, papel aluminio 6x6 cm que contenía 200 gramos de hígado de pollo (sustrato), lana o cordel.

Se cortó una de las botellas casi hasta la mitad, realizando una abertura en forma de puerta de 3x4cm para que puedan ingresar los insectos (dípteros). Se introduce la segunda botella asegurando con un adhesivo el borde para impedir que salgan los insectos, así mismo se sujeta la malla tul para que los insectos en intento de escapar queden atrapados, y de esta manera inducir a la ovoposición en el sustrato que se encuentra sobre el papel aluminio y este a su vez sobre el aserrín.

En cuanto al resultado de la prueba, se pudo observar que la mayoría de los dípteros que ingresaban siendo atraídos por los olores que desprendía el sustrato (hígado de pollo), y tardó en presentar oviposición al tercer día.

Se analizó la posibilidad de alimentar a los adultos con leche entera para que la oviposición sea inmediato, ya en el momento del inicio del proyecto de investigación.

Figura 5. Prototipo de trampa para insectos



Fuente: Fotografía. Pamela Castillo, 2022

3.6.2 TÉCNICAS UTILIZADAS

Las muestras larvales se obtuvieron por medio de una trampa para díptero utilizando hígado de res o de pollo, se obtendrán los huevos inmediatamente después de la ovipostura, algunas de ellas se conservarán en alcohol al 70% y otras serán sometidas a la crianza, separando cada maza de huevos se separan en cámaras donde cuentan con un sustrato de 200 gr de carne, posteriormente separar las pupas, cuando los adultos comiencen a emerger se les alimentará con leche y sangre de bovino en algodón para que los adultos se alimenten, se colocaban trampas con hígado de pollo todos los días para colecta de huevos, eso al menos tres generaciones, para asegurar que solo se trataba de una especie en cuestión, fotoperiodo de 12 horas.

Registro de datos: hora de eclosión de los huevos, observación de larvas, prepupas y pupas, cuando al menos el 50% de todas esté en ello, datos que se obtienen hasta ver adultos muertos en la cámara de ovipostura, para el registro se puede refrigerar las cámaras de cria a 8°C durante dos horas.

Los datos obtenidos a partir del ciclo biológico de la especie y su relación con las dietas utilizadas se analizaron, en principio, con parámetros de estadística descriptiva, con las siguientes variables: tiempo de desarrollo, número de la muestra y mortalidad (en cada cambio de etapa).

3.6.3 RECOLECTA DE MUESTRAS

Las muestras entomológicas deben ser lo suficientemente representativas, tanto en cantidad como en calidad, de la fauna en relación con el cadáver y de la existente en sus inmediaciones. Para ello se debe prospectar no sólo el cadáver sino el espacio circundante, aplicándose todas aquellas técnicas de muestreo de artrópodos que sean precisas (Católico, 2006).

Las larvas deben ser sacrificadas en agua a punto de hervir por un periodo de unos tres minutos para, a continuación, ser conservadas en etanol de 70°. Cualquier otro tratamiento provoca alteraciones en las proporciones corporales de la larva, lo que puede conducir a errores de interpretación de su edad a partir de su longitud, como demostraron Tantawi y Greenberg (1993). Una parte de la muestra de larvas debe ser mantenida con sustrato alimenticio, en condiciones conocidas, para tratar de conseguir adultos a partir de ellas y poder obtener una identificación específica más fiable que la derivada del estudio de las larvas y poder estimar la edad de las larvas de procedencia. El sustrato alimenticio resulta importante a la hora de considerar la tasa de desarrollo larvario. Así, hay que conocer la parte del cuerpo de la que proceden para proveerse de sustrato alimenticio similar y evitar sesgos en la estimación que, según Kaneshrajah y Turner (2004), pueden alcanzar un error de hasta 2 días en la estimación del intervalo postmortem. Además, no debe olvidarse que hay que recoger evidencias entomológicas tras el levantamiento del cadáver (Católico, 2006).

3.6.4 MATERIAL Y MÉTODOS

3.6.4.1 TRAMPA

Será diseñada para el tamaño de una cabeza de cerdo que servirá como sustrato para inducir la oviposición, se observará la llegada de los primeros insectos mediante una

cámara instalada al celular para la verificación, y en ese momento proceder a la colecta de huevos.

3.6.4.2 PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

Una vez colectados los huevos, se dispondrán en unos vasos de plástico que contenga el sustrato en base a hígado de pollo, siendo el más apropiado para poder controlar el desarrollo de los dípteros.

3.6.4.3 CRIANZA DE INSECTOS EN ESTADOS INMADUROS

Para la crianza de los estados inmaduros se utilizarán vasos de plástico en una cantidad de seis que contengan más de 60 insectos sobre una bandeja de madera de 30x50cm. En los envases de plástico se encontrará aserrín casi hasta la mitad del vaso y sobre este un pedazo de papel aluminio de 10x12 cm. Y en el 200 gr. de hígado de pollo. El vaso estará cubierto de una pequeña malla tul de 10x12 cm. y una liga que sujete la malla y evite que los insectos sean devorados por otros o que salgan del envase

3.6.4.4 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE INSECTOS EN ESTADOS INMADUROS Y ADULTOS

Las Para la determinación de la especie, se examinarán alrededor de 20 larvas de ínstar III previamente fijadas en agua caliente a 70°C durante 1 minuto y conservadas en alcohol al 70% y 10 adultos. Para el caso de adultos se utilizarán las claves de Amat et al. (2008) y Marshal et al. (2011) (Fig. 1) y para las larvas la clave de Florez y Wolff (2009) (Fig. 2). El ciclo de vida de *S. versicolor* que se inicie a partir de una colonia de aproximadamente 1000 huevos, que se obtuvieron de la colonia madre previamente establecida en una cámara cría particular. Se utilizará hígado de pollo como sustrato de oviposición y para purificar la especie, cada vez que se detectaba una nueva masa de huevos, se separaba en cámaras de cría independientes, con 200 gramos de hígado de cerdo como sustrato alimenticio, hasta su etapa de pupa. Las pupas se separaban de las larvas en cámaras de emergencia y ovipostura; posteriormente se enterraban aproximadamente dos centímetros en vermiculita, misma que formaba la base de las cámaras. Una vez que los adultos comenzaban a emerger, a la cámara se les agregará un recipiente con leche entera y sangre de bovino en algodón para que los adultos pudieran alimentarse. Después de que

emerja la mayoría de adultos, todos los días se colocaban trampas con hígado de pollo para la colecta de huevos

Para el estudio se colocarán 200 huevos por repetición en cada sustrato, en cámaras cría de plástico, capacidad de 2 litros, con 250 gr de bajo condiciones de laboratorio (16-18°C, 40% H promedio, fotoperiodo 12 horas luz).

3.7 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Las larvas que se recogieran de un cerdo muerto de la Ciudad de La Paz, y se criarán en un lugar con una cámara sobre hígado de vaca fresco troceado y sirope de azúcar sobre algodón. Estas cámaras estarán cubiertas con una fina muselina para facilitar el aire fresco y evitar la entrada de parásitos. Estas cámaras se mantuvieron en condiciones naturales de temperatura y humedad. También se suministró suelo para la pupa. Los gusanos fueron observados a lo largo de sus etapas de desarrollo en diferentes intervalos de tiempo cada hora. Después de la emergencia del adulto, la carne vuela serán identificados. Los machos y hembras adultos se mantuvieron en jaulas de insectos con hígado fresco todos los días. Las larvas de Instar liberadas en el hígado fueron monitoreadas cada hora para encontrar la duración con el informe de la temperatura. Este experimento se repetirá dos veces en tres estaciones diferentes, es decir, temporada de lluvias, temporada de invierno y temporada de verano.

3.7.1 DATOS DEL DESARROLLO BIOLÓGICO

La eficacia de cada dieta se analizó tomando en cuenta la duración en días de la especie para cada etapa de desarrollo y la mortalidad de individuos en cada uno de ellas. Para evaluar las anteriores variables, se emplearon protocolos donde se registraron diariamente los datos. El registro consistió en anotar la hora en la que los huevos empezaron a eclosionar y desde ese momento, diariamente se observó la presencia de larvas, prepupas y pupas, tomando en cuenta como inicio de la etapa cuando al menos el cincuenta por ciento de la población estuviera en ella. Se tomaron los datos hasta que se observaron la mayoría de los adultos muertos en la base de la cámara de ovipostura. Para el conteo de adultos finales (mortalidad), las cámaras cría se refrigeraron a 8°C durante 2 horas; con esto los individuos se aletargaron, lo que hizo más fácil llevar a cabo el registro.

3.7.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos a partir del ciclo biológico de la especie y su relación con las dietas utilizadas se analizaron, en principio, con parámetros de estadística descriptiva, con las siguientes variables: tiempo de desarrollo, número de la muestra y mortalidad (en cada cambio de etapa). De igual manera, la significancia de los datos obtenidos, se evaluarán con EXCEL. Aquí mismo se llevó a cabo la comparación de medias de histograma para la distribución normal para observar los diferentes grupos, así como la significancia de la mortalidad en cada caso.

3.7.3 MUESTRAS

Para el estudio se colocaron 100 huevos por repetición en cada sustrato, en cámaras cría de plástico, capacidad de 2 litros, con un hígado de pollo como sustrato alimenticio.

En el laboratorio se colocaron 4 termómetros (uno en cada pared) para estar monitoreando el rango de las temperaturas y cuidar que no bajara o subiera más de 2°C con respecto a la repetición correspondiente. Los rangos de temperatura que se manejaron fueron los siguientes: 27 +/- 2°C, 23 +/- 2°C y 15 +/- 2°C.

3.7.4 DATOS DEL DESARROLLO BIOLÓGICO

La curva de crecimiento de cada especie se obtuvo tomando en cuenta la duración en días de la especie para cada etapa de desarrollo y su longitud en milímetros.

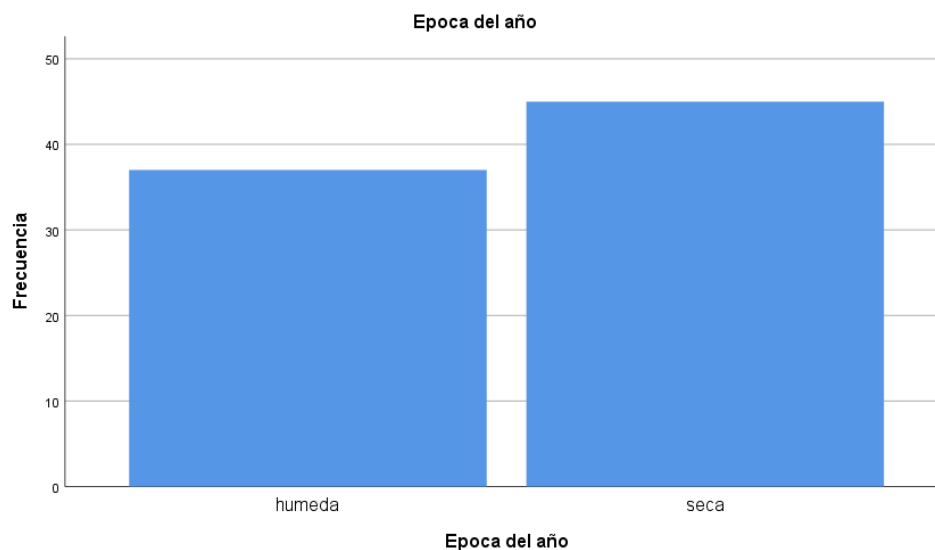
Para evaluar las anteriores variables, se emplearon protocolos donde se registraron diariamente los datos. El registro consistió en anotar la hora en la que los huevos empezaron a eclosionar y desde ese momento, diariamente se observó la presencia de larvas, prepupas y pupas, tomando en cuenta como inicio de la etapa cuando al menos el cincuenta por ciento de la población estuviera en ella. Se tomaron los datos hasta que se observaron la mayoría de los adultos muertos en la base de la cámara de ovipostura. Se tomó medida de las larvas solo al 50 % y de cada etapa larvaria hasta la formación de las pupas. Se tuvo de fijar a algunas larvas para poder observar el estadio. Las medidas fueron tomadas con la ayuda de una regla instalada en un foco plano para medir en milímetros.

CAPITULO IV: RESULTADOS

En relación a la época de año, el gráfico de frecuencia muestra que el tiempo de duración desde la instalación de las cabezas de cerdo y el ciclo biológico del díptero desde huevo hasta adulto, en la época seca tuvo una duración de 46 días y la época húmeda de 38 días en la columna de frecuencia (Figura 7).

Figura 6

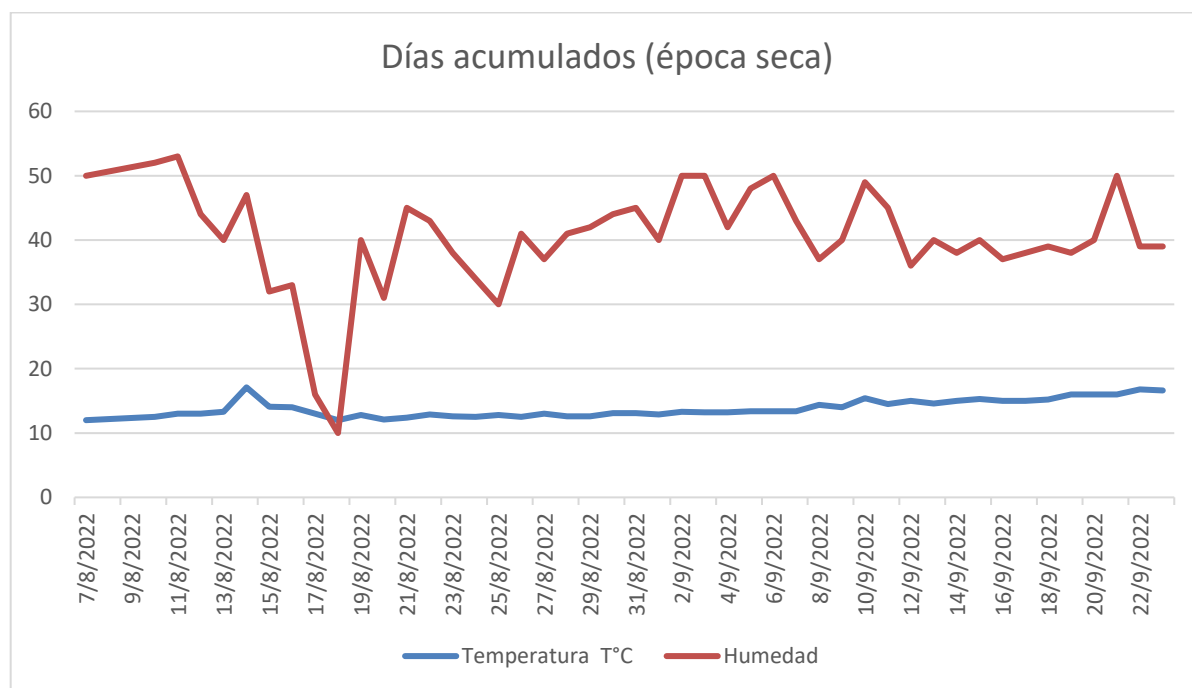
Duración de los ciclos biológicos en ambas épocas del año



Fuente: Elaboración con el programa SPSS. Pamela Castillo, 2022

4.1 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CICLO DE VIDA DE LA ESPECIE EN ESTUDIO

En la primera época (seca), en la siguiente figura aparecen huevos en el día (7) del mes de agosto, como larva1 en el día (10), larva2 en el día (11) hasta el día (13), luego larva3 desde el día (14) hasta el día (22), el día (23) se encuentra como pre-pupa y a partir del día (24) llega al estado pupa hasta el día (22) del siguiente mes, para así llegar a eclosionar en el día (23). Haciendo un total de 46 días para completar su ciclo biológico. La relación de la temperatura fue de un promedio de 13°C que se presentó en la época seca. Y una humedad de 40% (Figura 8).

Figura 7**Días acumulados en el ciclo biológico según la temperatura y humedad (época seca)**

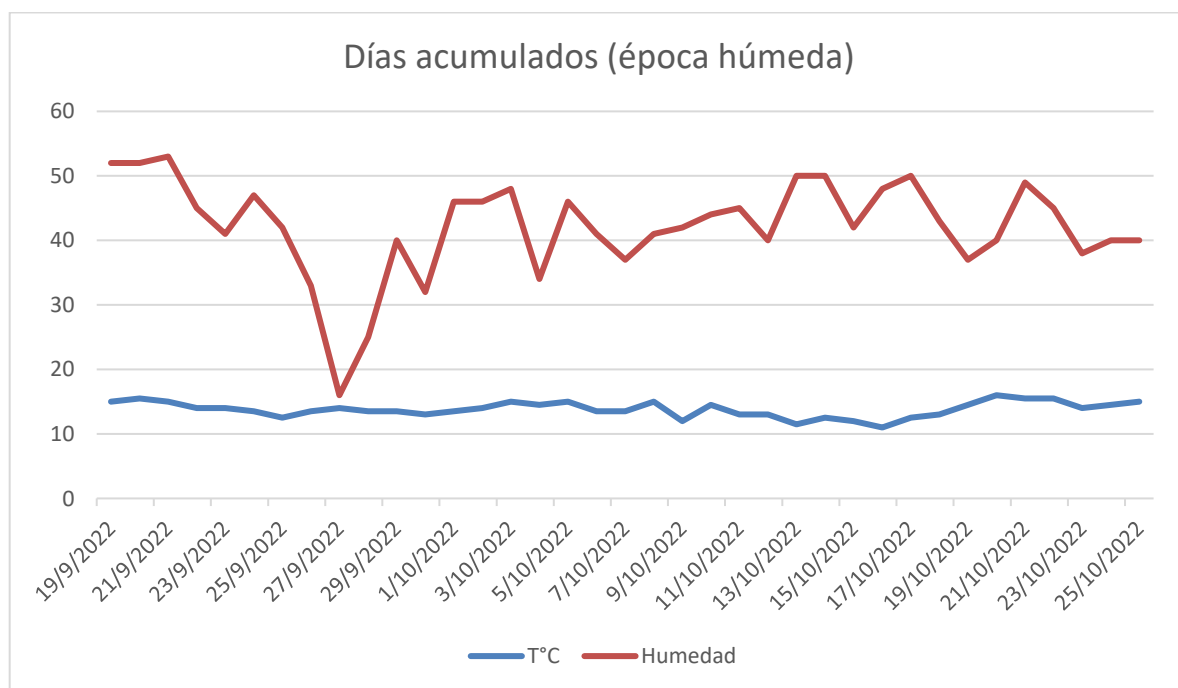
Fuente: Elaboración en EXCEL. Pamela Castillo, 2022

En relación a la época húmeda aparecen huevos en el día (19) del mes de septiembre, luego para a larvas1 en el día (20), más adelante aparecen larvas2 en el día (21) hasta el día (23), en el día 24 aparecen lasvas3 hasta el día (1) del siguiente mes que corresponde a octubre, el día (2) de octubre se encontraron como pre-pupas, el día (3) como pupas hasta el día (24), para luego eclosionar a adultos en el día (25), siendo un total de 36 días donde se completó su ciclo biológico.

La temperatura media en este proceso fue de 15 °C siendo la máxima de 17°C y mínima de 11°C. Y una humedad de 42% (Figura 9).

Figura 8

Días acumulados en el ciclo biológico según la temperatura (época húmeda)



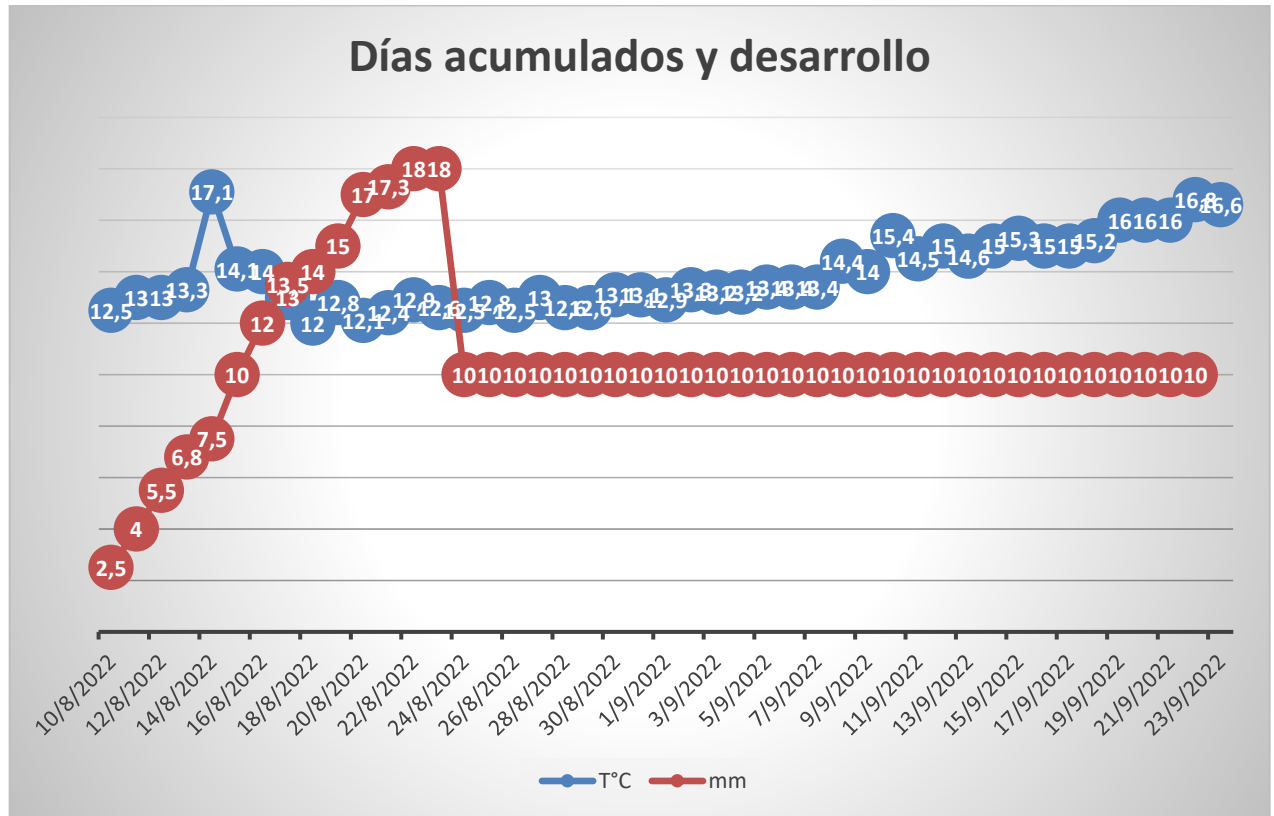
Fuente: Elaboración en EXCEL. Pamela Castillo, 2022

4.2 CURVAS DE CRECIMIENTO DE LA ESPECIE *SARCONESIA VERSICOLOR* SEGÚN LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA

En la siguiente figura se puede observar que las larvas tipo1 empiezan a crecer a partir de (2,5 mm), y a media que pasan los días se evidencia un crecimiento paulatino desde el día 10 hasta el día 24 en el que llega a (18mm), posteriormente declina debido al cambio de estadio de pupa donde conserva una medida de (10mm) para finalmente eclosionar el día 23. En todo este proceso se observa que la temperatura media se mantiene a 15°C (Figura 10).

Figura 9

Curvas de crecimiento según temperatura y días acumulados (época seca)



Fuente: Elaboración en EXCEL. Pamela Castillo, 2022

En la siguiente figura se puede observar que en la época húmeda, a partir del día 20 es evidente el crecimiento larval de (2,6 mm) hasta llegar a (18mm) en el día 4, posteriormente el valor desciende a (10mm) por el cambio de estadio a pupa para mantenerse en ese valor hasta el día 24 donde eclosiona a adulto. El rango de temperatura se mantiene a 13 °C (Figura 11).

Figura 10

Curvas de crecimiento según temperatura y días acumulados (época húmeda)



Fuente: Elaboración en EXCEL. Pamela Castillo, 2022

4.3 DESARROLLO LARVAL BAJO CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS ÉPOCAS DEL AÑO SECA Y HÚMEDA

En la siguiente tabla se puede observar que en la primera época seca se presenta un total de 46 días en el que se cumplió todo el ciclo biológico, sino desde el día 2 (48 horas) que paso por huevo; 1 días (24 horas) que paso a larva 1; 2 días (48 horas) a larvas2; 8 días (192 horas) que paso a larva3; un día (24 horas) que paso al estadio de pre-pupa y luego 31 días (744 horas) a pupa, para finalmente (24 horas) pasar a adulto.

En la segunda época se presentó un total de 38 días. El estadio huevo paso un día (24 horas), de 42 días en el que se cumplió todo el ciclo biológico, sino de 2 días (48 horas) que paso por huevo, 1 días (24 horas) que paso a larva1, 2 días (48 horas) a larvas2, 8 días

(192 horas) que paso a larva3, un día (24 horas) que paso al estadio de pre-pupa y luego 31 días (744 horas) a pupa, un día (24 horas) a adulto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación del ciclo biológico entre ambas épocas

Días	Horas	E. seca	Temperatura	Humedad	Días	Horas	E. húmeda	Temperatura	Humedad
2	48	huevo	13°C	40%	2	48	huevo	15°C	42%
1	24	Larva1	13°C	40%	1	24	Larva1	15°C	42%
2	48	Larva2	13°C	40%	2	72	Larva2	15°C	42%
8	192	Larva3	13°C	40%	8	168	Larva3	15°C	42%
1	24	Pre-pupa	13°C	40%	1	24	Pre-pupa	15°C	42%
31	744	pupa	13°C	40%	23	552	Pupa	15°C	42%
1	24	adulto	13°C	40%	1	24	Adulto	15°C	42%
46	TOTAL				38	TOTAL			

Fuente: Elaboración. Pamela Castillo, 2022

4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

La familia Calliphoridae consta aproximadamente de mil especies en el mundo, de las cuales 126 se encuentran en el Neotrópico (Triplehorn & Johnson, 2005). Según Marshall et al. (2006) y Visciarelli et. al. (2007), su clasificación taxonómica es la siguiente: Dominio: Eukarya. Reino: Animalia. Phylum: Arthropoda Subphylum: Hexapoda Clase: Insecta Subclase: Pterigota Orden: Diptera Suborden: Brachycera Familia: Calliphoridae Subfamilias: - Chrysominae - Lucilinae - Calliphorinae – Melanomyinae

Dentro de la familia Calliphoridae se encuentran los géneros Lucilia, Calliphora, Cochliomyia y Chrysomya. Estas moscas tienen características que las hacen únicas para ser utilizadas en la ciencia forense. Se observó que su hábito alimenticio en su estado larvario fue la carroña instalada (cabeza de cerdo), ya que tienen comportamientos necrófagos. Estas moscas fueron capaces de detectar los gases que emanaba la cabeza de cerdo a kilómetros de distancia y su pequeño tamaño le facilita el acceso a casi cualquier lugar, en este caso donde se encontraba un patio expuesto a la intemperie. Facilitándose

por su habilidad voladora, lo que les permitió desplazarse grandes distancias en tiempos relativamente cortos.

Los adultos de esta familia son moscas más o menos robustas de tamaño mediano; miden de 4 a 16 mm. La mayoría de las especies tienen colores metálicos brillantes (azul, verde, bronce y negro), sin embargo, algunos géneros pueden presentar un color mate u opaco como *Pollenia* y *Opsodexia* (Flores, 2009). Los sexos en ocasiones con diferente quetotaxia de patas, ocasionalmente con marcada diferencia en color del cuerpo, de una longitud que va de 4.0 – 16.0 mm. Los machos en ocasiones son holópticos; facetas superiores del ojo no muy agrandadas, aunque con frons siempre más delgado que en la hembra, sin setas orbitales y verticales externas (Shewell, 1987). Las larvas crecen rápidamente, pasando por tres estadios larvales antes de alcanzar su tamaño final. Éstas se crían juntas en grandes números y se mueven en torno al cadáver, promoviendo así, la diseminación de bacterias y secreción de fluidos.

Se observaron a los huevos de longitud de 1.5 mm (Figura 12), ancho de 0.4 mm, de color blanco brillante o crema, oscureciendo con la edad a grisáceo; de forma ovoide, alargada, ligeramente arqueado, en vista lateral plana o ligeramente cóncava y convexa dorsoventralmente, corión con reticulado leve (Shewell, 1987).

La hembra pone alrededor de 150 a 200 huevos de una vez, llegando a poner generalmente por la boca, en la lengua de la cabeza de cerdo.

Estas larvas se observaron de tipo vermiforme, color amarillo pálido a blanco, anteriormente cónicas o cilíndricas, por lo general cinco veces más largas que anchas. Segmentos con bandas, excepto las larvas de instar uno, algunas presentan pequeñas espinas reclinadas hacia delante; últimos segmentos (cinco últimos generalmente) con bandas de espinas con inclinación posteroventral; rara vez cutícula con prominentes espinas, esqueleto cefalofaríngeo bien desarrollado, mandíbulas con un par de ganchos fuertemente esclerosados (Shewell, 1987).

Figura 11**Huevos de *Sarconesia versicolor***

Fuente: Fotografía, Pamela Castillo, 2022

Los tres estadios (larva I, larva II y larva III) son reconocibles mediante el examen de los espiráculos posteriores y anteriores. En la larva I, los espiráculos anteriores están ausentes mientras que los posteriores presentan una ranura (en ocasiones, la forma de V que pueden adquirir las ranuras puede ser motivo de confusión con la larva II). La larva II presenta dos ranuras en cada espiráculo posterior y aparecen los espiráculos anteriores. En la larva III, hay tres ranuras en cada espiráculo posterior (Monaghan, 2007).

Pupa es de color marrón a café (Figura 13), de 12 mm de longitud por 4 mm de ancho. Previo al estadio de pupa se presenta una fase postalimentaria, llamada también prepupa, durante la cual la larva cesa de alimentarse y abandona el sustrato en busca de un sitio apto para empupar. La distancia recorrida durante esta migración es variable según la especie (Greenberg, 1991).

Figura 12**Estado de pupa**

Fuente: Fotografía, Pamela Castillo, 2022

El adulto, se distinguen por presentar, generalmente, en su cuerpo brillantes colores tales como el azul (como el género *Calliphora*), verde (como *Lucilia*) o negro (como *Phormia*). En la cabeza presentan una lúnula y sutura frontal bien marcadas. La antena es trisegmentada, y posee una arista plumosa en el segundo segmento. Como en la mayoría de los dípteros la venación de las alas es más sencilla que la de otros insectos alados; en esta familia la vena Rs es bifurcada. Las especies de esta familia poseen escamas bien desarrolladas (calípteros), las cuales generalmente ocultan los halterios. También, y con carácter identificativo, se observa en esta familia la presencia, a cada lado del tórax, de una hilera de cerdas, llamadas hipopleurales que se encuentran situadas en la hipopleura, debajo del espiráculo metatorácico, a cada lado de la placa torácica ventral, justo encima de las coxas de las dos últimas patas (segunda y tercera). Además, existe una sutura transversal bien marcada en el lado dorsal del tórax la cual tiene valor en la clasificación taxonómica y presenta unas prominencias características llamados callos. El postescutelo está ausente o en todo caso muy poco desarrollado (Monaghan, 2007).

Figura 13

Estado adulto

Características principales de *Sarconesia versicolor*



Presencia de setas acrosticales pre y post-suturales

Base de las alas amarillenta



Setas en la región dorsal de la vena principal



Setas en la región ventral de la vena principal



Caliptra inferior no hialina, color café amarillento

Fuente: Jaime Rodríguez, 2021

CAPITULO IV: DISCUSIONES

Como se pudo observar en el estudio, las moscas califóridas son atraídas por la carroña y el excremento principalmente, aunque algunas pueden alimentarse de heridas abiertas causando miasis en organismos vivos (Byrd & Castner, 2001).

Las especies de mayor abundancia fueron: *Sarconesia versicolor*; no encontrándose en otros estudios de sucesión en similar condición climática, si estaba presente en el área periurbana, época invernal como el segundo más frecuente (Castillo et al., 2017). Seguido de *Sarconesia chologaster* (125) que en la zona periurbana fue la más abundante (Castillo et al., 2017) y fue descrita como la más abundante en Lima Perú (Dale, W y Prudot, E 1987), esta especie es muy extendida y tolerante en altitud (BAUMGARTNER & GREENBERG, 1985); (Centeno, n.d.).

El promedio de hembras y machos nacidos se comporta en una relación aproximada del 50% (1 x 1), aunque hay notables excepciones, como las documentadas en hembras de dos especies del género *Chrysomya* (*Chrysomya rufifacies* y *Chrysomya albiceps*) las cuales sólo tuvieron descendientes machos o hembras. La eclosión del huevo, en condiciones favorables, ocurre alrededor de las 8 horas después de la oviposición (Monaghan, 2007).

La biología de los califóridos es muy variada. Generalmente son considerados necrófagos, también los hay depredadores y parasitoides de caracoles y lombrices de tierra, algunos son hospedantes en termiteros y otros son de importancia médica y veterinaria, como las especies que producen miasis en aves y mamíferos (Pape et al., 2004).

En la primera época (seca), en la siguiente figura aparecen huevos en el día 7, como larva1 en el día 10, larva2 en el día 11 hasta el día13, luego larva3 desde el día 14 hasta el día 22, el día 23 como pre-pupa y a partir del día 24 en pupa hasta el día 22 del siguiente mes para eclosionar en el día 23. Haciendo un total de 46 días para completar su ciclo biológico. La relación de la temperatura fue de un promedio de 13°C que se presentó en la época seca. Y una humedad de 40%. Este proceso de retardación en el ciclo biológico se debe a las condiciones climáticas, debido a la baja temperatura y humedad ambiental, así como también se demostró en el trabajo de investigación donde paso como 52 días en cumplir el ciclo biológico en Pucarani (Pamela Castillo, 2014)

En la bibliografía publicada por el autor (Oliva, 2002), indica que cuando las temperaturas bajan los ciclos evolutivos se detienen, pero vemos que en el presente trabajo existe una significativa diferencia de culminación del ciclo biológico ya que en relación a la época húmeda aparecen huevos en el día 19, luego larvas1 en el día 20, más adelante aparecen larvas2 en el día 21 hasta el día 23, en el día 24 aparecen lasvas3 hasta el día 1 del siguiente mes, el día 2 se encontraron como pre-pupas, el día 3 como pupas hasta el día 24, para luego eclosionar a adultos en el día 25, siendo un total de 36 días donde se completó su ciclo biológico. La temperatura media en este proceso fue de 15 °C siendo la máxima de 17°C y mínima de 11°C. Y una humedad de 42%.

En el estudio hecho por Pinilla et al. (2010), en donde las condiciones son de 24-27°C, humedad relativa del 60% y fotoperiodo de 12 horas luz, se informa la emergencia de los adultos entre el día 14 y 15 después de la oviposición, así como la mortalidad de la colonia

El crecimiento de las larvas va directamente relacionadas a la temperatura, ya que cuando mejora también el ciclo biológico mejora, se observó que las larvas tipo1 empiezan a crecer desde 2,5 mm, y a media que pasan los días se evidencia un crecimiento paulatino desde el día 10 hasta el día 24 en el que se encuentra a 18mm, posteriormente declina por el cambio de estadio a pupa donde conserva una medida de 10mm para finalmente eclosionar el día 23. Todo este proceso se observa que la temperatura media se mantiene a 15°C (Figura 9).

En la tabla se mostró que en la primera época seca se presenta un total de 42 días en el que se cumplió todo el ciclo biológico, sino de 2 días (48 horas) que paso por huevo, 1 días (24 horas) que paso a larva1, 2 días (48 horas) a larvas2, 8 días (192 horas) que paso a larva3, un día (24 horas) que paso al estadio de pre-pupa y luego 31 días (744 horas) a pupa, un día (24 horas) a adulto. Mostrando claramente esta diferencia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Las moscas de la Familia Calliphoridae, son atraídas por los olores emanados por la cabeza de cerdo, siendo de prioridad la oviposición en la cavidad bucal. Así mismo fueron atraídas otros dípteros que deben analizarse su biología a profundidad, probablemente fue por que la cabeza tenía sangre a nivel del cuello.
- El ciclo biológico de la especie en estudio está relacionado a la temperatura y humedad ambiental, asía también como otros factores como la luz solar ya que en la segunda época se pudo depositar el criadero en un lugar más cálido a diferencia de la primera época.
- El estadio que más tarda en evolucionar es el de pupa porque al encontrarse en un estado de quiescencia es muy susceptible a sufrir una especie de internación antes de poder eclosionar, es por eso que requiere enterrarse en la tierra en este caso en el aserrín.
- La alimentación más acertada para las larvas es el hígado o la carne molida ambas, probablemente ese también fue uno d ellos actores que ayudó a que en la segunda época se pudo acortar el tiempo de eclosión de las moscas.
- La especie más relevante en la Ciudad de La Paz y El Alto fue *Sarconesia versicolor* no encontrándose en otros estudios de sucesión en similar condición climática, si estaba presente en el área periurbana, época invernal como el segundo más frecuente (Castillo et al., 2017). Seguido de *Sarconesia chologaster*, se encuentra en zonas periurbanas y es también la más abundante en Lima Perú.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

El presente estudio es novedoso en el sentido de identificar el tiempo de desarrollo y la manera que llega desde la etapa inmadura hasta adulto, siendo la etapa final del ciclo biológico del díptero, esto a nivel nacional. Ya que, en otros países, ya se tiene bastante avanzado este tema.

Es por eso que se recomienda proseguir con más investigaciones que involucren mas a los insectos en las pericias forenses, para que tenga una validación y utilidad certera. Además, se debe considerar también las condiciones ambientales que influye en el desarrollo, como la temperatura y humedad ambiental.

Es necesario contar con el tiempo necesario y el recurso humano para poder ejecutar proyectos como este, ya que demanda mucho tiempo, conocimiento y dedicación.

También es importante la disponibilidad de un laboratorio para la crianza e identificación taxonómica de estos insectos, por lo que se recomienda tomar en cuenta para futuras propuestas.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, X., Corronca, J. A., González-Reyes, A. X., & Centeno, N. D. (2022). Postmortem Interval Estimation and Validation Through a Comparative Study of South American Flies Reared in the Field Versus Laboratory Conditions. *Journal of Medical Entomology*, 59(1), 147–161. <https://doi.org/10.1093/jme/tjab182>
- Ames, C., & Turner, B. (2003). Low temperature episodes in development of blowflies: Implications for postmortem interval estimation. *Medical and Veterinary Entomology*, 17(2), 178–186. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00421.x>
- Barnes, K. M. (2013). Forensic entomology. In *Wildlife Forensic Investigation: Principles and Practice*. <https://doi.org/10.1201/b14553>
- Castelló Ponce, A., Adam Morell, A., & Francès Bozal, F. (2014). Entomology as forensic science: from song ci until bodies farms. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*, 10, 13–28.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4671400&info=resumen&idioma=EN>
G
- Castillo, P., Sanabria, C., & Monroy, F. (2017). Insectos de importancia forense en cadáveres de cerdo (sus scrofa) en La Paz Bolivia. *Medicina Legal de Costa Rica*, 34(1), 26–34.
- Católico, F. el. (2006). *Revista Aragonesa de Medicina Legal*.
- Cuevas, I. M. (2018). CURVAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS PRIMEROS DÍPTEROS COLONIZADORES DE CADÁVERES (DÍPTERA: CALLIPHORIDAE) EN TEXCOCO DE MORA, ESTADO DE MÉXICO. In *Modelos bayesianos para la distribución de especies con registros de solo presencias*. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30238602%0Ahttp://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1
- Forense, C. (2021). *Determinación del intervalo postmortem (IPM) mediante el estudio tafonómico y la sucesión de insectos en un cadáver parcialmente enterrado en*

Matanzas , Cuba. 6(2), 1–12.

Pamela Castillo. (2014). *Caracterización de la entomofauna asociada a cadáveres de cerdo (sus scrofa) fallecidos por lesiones producidas por heridas por arma blanca, en el municipio de Pucarani de la provincia los Andes del departamento de La Paz - Bolivia.*

Sakuma Calatayud, E. (2005). “ Caracterización De Entomofauna Cadavérica Y Tiempo De Desarrollo Larvario En La Localidad De Mecapaca ,. *Tesis de Magíster Scientiarum*, 1–90.

Acosta, X., Corronca, J. A., González-Reyes, A. X., & Centeno, N. D. (2022). Postmortem Interval Estimation and Validation Through a Comparative Study of South American Flies Reared in the Field Versus Laboratory Conditions. *Journal of Medical Entomology*, 59(1), 147–161. <https://doi.org/10.1093/jme/tjab182>

Ames, C., & Turner, B. (2003). Low temperature episodes in development of blowflies: Implications for postmortem interval estimation. *Medical and Veterinary Entomology*, 17(2), 178–186. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00421.x>

Barnes, K. M. (2013). Forensic entomology. In *Wildlife Forensic Investigation: Principles and Practice*. <https://doi.org/10.1201/b14553>

Castelló Ponce, A., Adam Morell, A., & Francès Bozal, F. (2014). Entomology as forensic science: from song ci until bodies farms. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*, 10, 13–28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4671400&info=resumen&idioma=ENG>

Castillo, P., Sanabria, C., & Monroy, F. (2017). Insectos de importancia forense en cadáveres de cerdo (sus scrofa) en La Paz Bolivia. *Medicina Legal de Costa Rica*, 34(1), 26–34.

Católico, F. el. (2006). *Revista Aragonesa de Medicina Legal*.

Cuevas, I. M. (2018). CURVAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS PRIMEROS DÍPTEROS COLONIZADORES DE CADÁVERES (DÍPTERA: CALLIPHORIDAE) EN TEXCOCO DE MORA, ESTADO DE MÉXICO. In *Modelos bayesianos para la*

distribución de especies con registros de solo presencias.
http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30238602%0Ahttp://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1

- Forense, C. (2021). *Determinación del intervalo postmortem (IPM) mediante el estudio tafonómico y la sucesión de insectos en un cadáver parcialmente enterrado en Matanzas , Cuba.* 6(2), 1–12.
- Pamela Castillo. (2014). *Caracterización de la entomofauna asociada a cadáveres de cerdo (sus scrofa) fallecidos por lesiones producidas por heridas por arma blanca, en el municipio de Pucarani de la provincia los Andes del departamento de La Paz - Bolivia.*
- Sakuma Calatayud, E. (2005). “Caracterización De Entomofauna Cadavérica Y Tiempo De Desarrollo Larvario En La Localidad De Mecapaca ,. *Tesis de Magíster Scienciarum*, 1–90.
- Lord, W. D. and J. R. Stevenson. 1986. Directory of forensic entomologists, 2nd ed., Defense Pest Management Information Analysis Center, Walter Reed Army Medical Center, Washington, D.C
- Megnin, J. P. 1894. La faune des cadavres: application de l'entomologie a la medicine legale. Encyclopedie Scientifique des Aide-Memoires, Masson et Gauthier-Villaars, Paris.
- INSAURRALDE, D. R. (2003). Presencia de. *Chrysomya albiceps*.
- ANDERSON, G. S. 1995. The use of insects in death investigations: an analysis of cases in British Columbia over a five year period. Canadian Society of Forensic Science Journal, 28 (4), 277 – 292.
- KANESHRAJAH G, TURNER B. Calliphora vicina larvae grow at different rates on different body tissues. International Journal of Legal Medicine, 2004, 118: 242-244.
- GREENBERG B, KUNICH JC. Entomology and the Law. Cambridge University Press. 2002. 306 pp.

Catts E. Problems in estimating the post mortem interval in death investigations. J Agric Entomol. 1992 Oct; 9(4): 245-55.

Amendt J, Richards C, Campobasso C, Zehner R, Hall R. Forensic entomology: applications and limitations. Forensic Sci Med Pathol. 2011 Dec; 7(4): 379-92. DOI 10.1007/s12024-010-9209-2.

González-Herrera L, González-Medina A, Jiménez G, Valenzuela-Garach A. Estudio necrópsico de la muerte súbita cardíaca de origen isquémico, en un cuerpo en avanzado estado de descomposición. Gac Int Cienc Forense. 2012 Abr; 3: 3-30. <http://hdl.handle.net/10550/37790>

ANEXOS

ANEXO 1. REGISTRO SENAPI

ANEXO 2. CONVENIO

ANEXO 3. ANEXOS DE LA INVESTIGACIÓN

Imagen 1

Instalación del experimento en cabeza de cerdo (Etapa seca)



Fuente: Fotografía. Pamela Castillo, 2022

Imagen 2

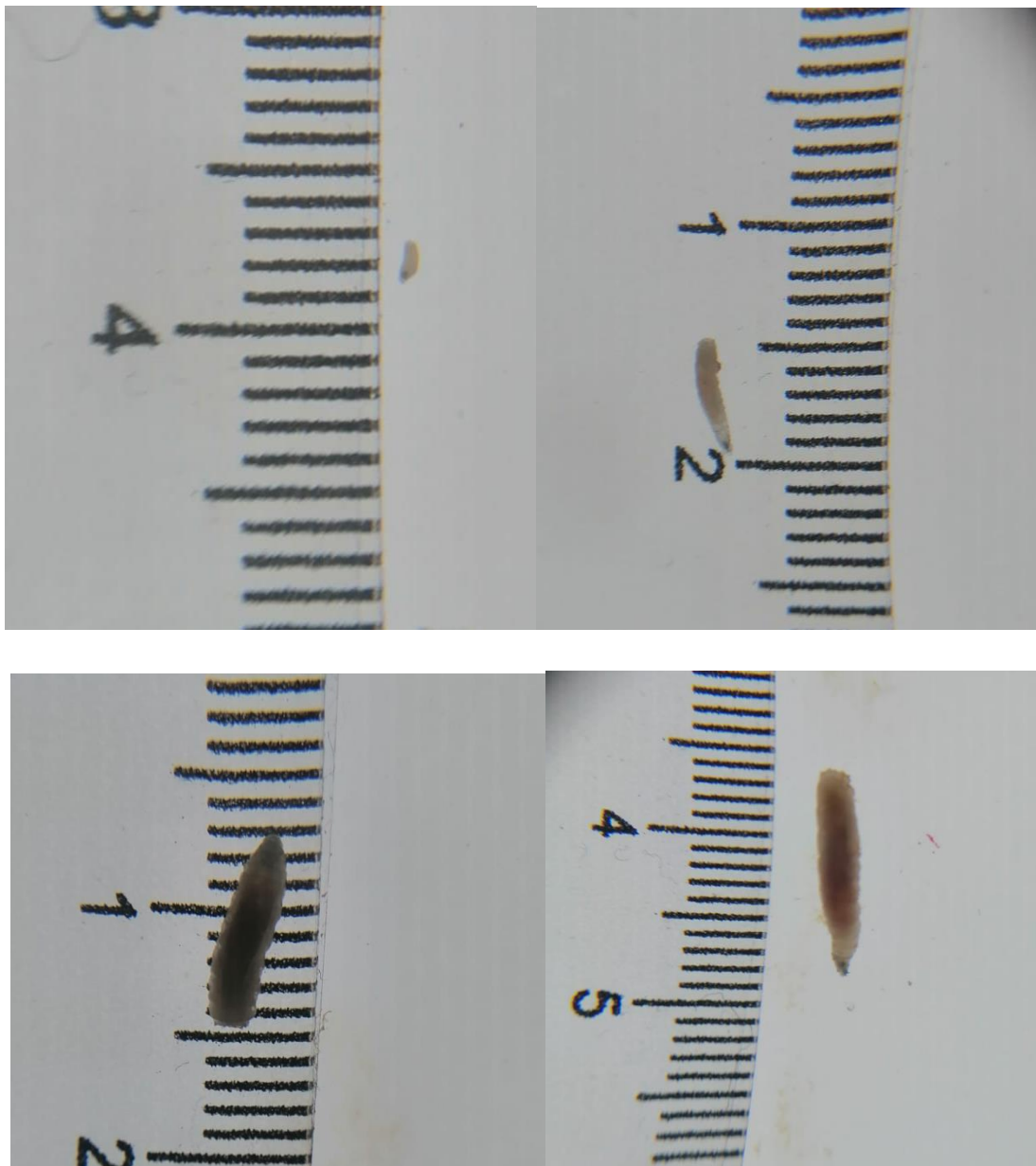
Recolección de estados inmaduros (época seca)



Fuente: Fotografía. Pamela Castillo, 2022

Imagen 3

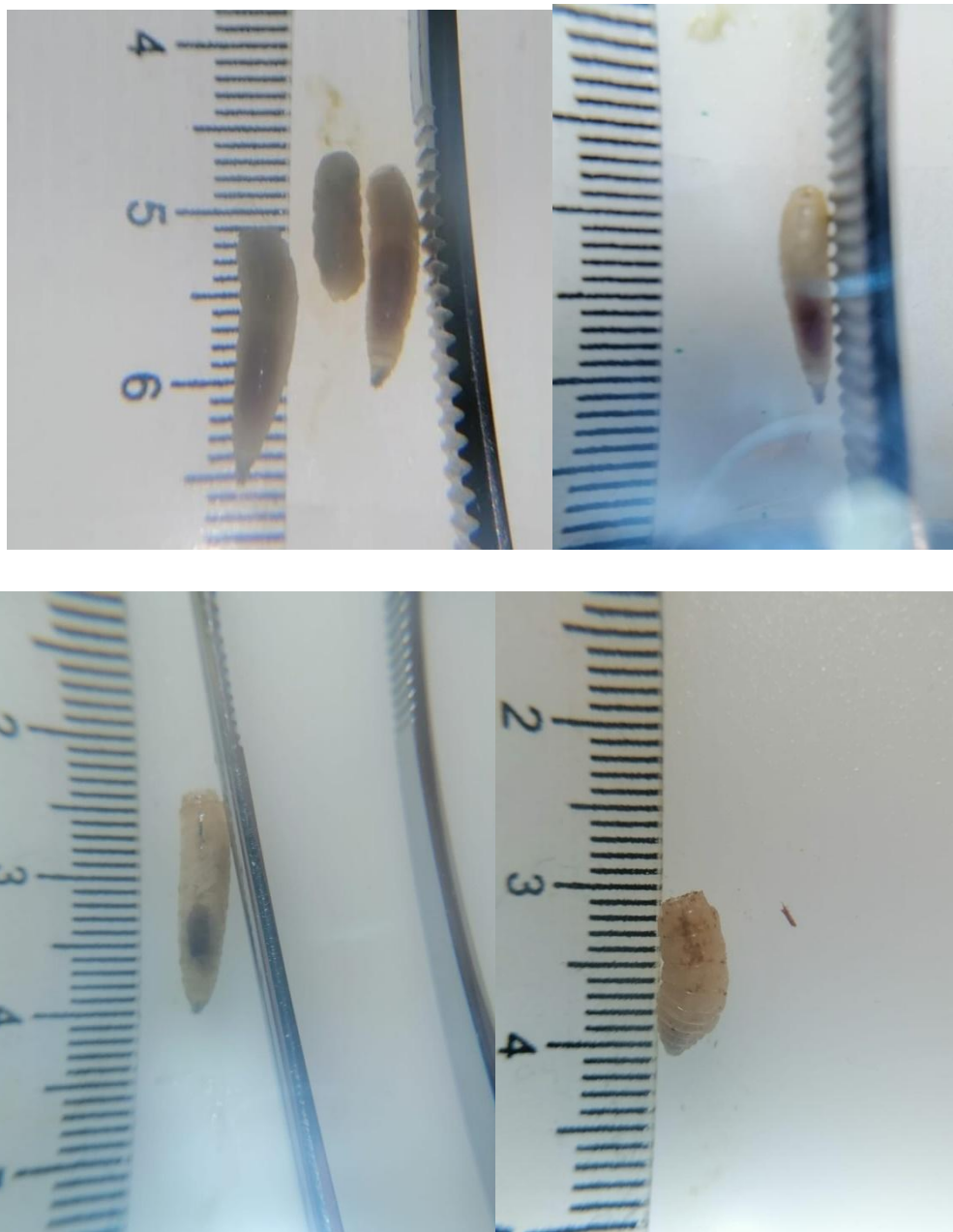
Medición de larvas en diferentes estadios (época seca)



Fuente: Fotografía. Pamela Castillo, 2022

Imagen 4

Medición de larvas en diferentes estadios (época húmeda)



Fuente: Fotografía. Pamela Castillo, 2022

Imagen 5

Pupas de Díptero (época seca)



Fuente: Fotografía. Pamela Castillo, 2022

Imagen 6

Identificación de díptero adultos, vista lateral (época seca)



Fuente: Instituto de Ecología (Carla Ojopi, 2022)

Imagen 7

Identificación de díptero adulto, vista dorsal (época seca)



Fuente: Instituto de Ecología (Carla Ojopi, 2022)

Imagen 8

Estados inmaduros



Fuente: Pamela Castillo, 2022

Imagen 9

Estados inmaduros de díptero (espiráculo)



Fuente: Pamela Castillo, 2022

Imagen 10

Estados inmaduros de díptero (larva 3 estadio)



Fuente: Pamela Castillo, 2022