

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

ESTUDIO DE ENTOMOFAUNA DE DÍPTERA Y COLEÓPTERA ASOCIADA A CADÁVERES DE CERDO (*Sus scrofa domestica* L.) EN UN ÁREA RURAL DEL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO.

PATRICIA CATALINA CAMPOS GRANADOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Patricia Catalina Campos Granados, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Armando Equihua Martínez, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Estudio de entomofauna de díptera y coleóptera asociada a cadáveres de cerdo (*Sus scrofa domestica* L) en un área rural del estado de Yucatán, México y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 21 de enero de 2019

Patricia Catalina Campos Granados

Firma del Alumno (a)

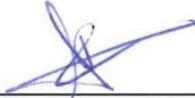
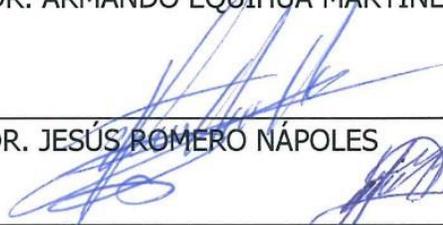
Dr. Armando Equihua Martínez

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **"Estudio de entomofauna de díptera y coleóptera asociada a cadáveres de cerdo (*Sus scrofa domestica* L.) en área rural del estado de Yucatán, México"** realizada por la alumna: **Patricia Catalina Campos Granados** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 _____
	DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ
ASESOR	 _____
	DR. JESÚS ROMERO NÁPOLES
ASESOR	 _____
	DR. HUSSEIN SÁNCHEZ ARROYO
ASESORA	 _____
	DRA. GUADALUPE DEL CARMEN REYES SOLÍS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, enero de 2019

ESTUDIO DE ENTOMOFAUNA DE DIPTERA Y COLEOPTERA ASOCIADA A CADÁVERES DE CERDO (*Sus scrofa domestica* L.) EN UN ÁREA RURAL DEL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO.

**Patricia Catalina Campos Granados, M en C.
Colegio de Postgraduados, 2019.**

RESUMEN

La entomología forense es una herramienta útil en el ámbito legal, ya que puede ayudar a esclarecer la fecha y el lugar en que ocurrió la muerte de un ser humano, si se estima correctamente el intervalo postmortem y éste está basado en la tasa de desarrollo de insectos, principalmente dípteros. Es un área que no ha sido desarrollada en el estado de Yucatán, se carece de una base de datos que permita realizar una comparación de casos en los que se vean involucrados los sarcosaprófagos y otros insectos necrófagos. Por esta razón, surge la iniciativa de estudiar los principales grupos de insectos y su relación con los procesos de descomposición cadavérica, utilizando como biomodelo cerdo (*Sus scrofa domestica*). Para el desarrollo de la investigación, se colocó un cerdo de noviembre a enero 2017-2018 en el cual se reconocieron cinco etapas de descomposición. Se capturaron 4,082 ejemplares colectados entre larvas y adultos de coleópteros y dípteros, distribuidos en 21 familias, 34 géneros, 21 especies. También se registraron las condiciones naturales del sitio durante los periodos de colecta. Por medio de una matriz de ocurrencia y análisis de correspondencia se vio que *Crhysomya rufifacies*, *Cochliomyia macellaria*, *Musca domestica*, *Hydrotaea aenescens*, *Hermetia* sp. *Blaeosiphia* sp., *Lepidodexia* sp. *Piophilina* sp. así como las familias Demestidae, Cleridae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Trogidae, Curculionidae, Histeridae dieron información útil para una estimación.

Palabras clave: Entomología forense, sucesión de dípteros y coleópteros.

STUDY OF ENTOMOFAUNA OF DIPTERA AND COLEOPTERA ASSOCIATED WITH PIGS CARCASSES (*Sus scrofa domestica* L.) IN A RURAL AREA OF THE STATE OF YUCATÁN, MEXICO.

Patricia Catalina Campos Granados, M en C.
Colegio de Postgraduados, 2019.

ABSTRACT

Forensic entomology is a useful tool in the legal field, because it can help to clarify the date and place where death occurred, as long as the postmortem interval is correctly estimated, mainly if it is based on the insect species, mostly dipteran insects. It is an area that has not been developed in the state of Yucatan, also it lacks a database that allows to make a comparison of cases in which the sarcosaprófagous insects are involved. For this reason, the initiative arises to study the main groups of insects and their relationship with the processes of cadaveric decomposition, using as white pig biomodel (*Sus scrofa domestica*). To start the study a pig was placed from November to January 2017-2018 in which five stages of decomposition were recognized. The diversity of two orders of forensic importance was observed. We collected 4,082 specimens collected from larvae and adults of Coleoptera and Diptera, distributed in 21 families, 34 genera, 21 species. Also the natural conditions of the site were recorded during the collection periods. Through a matrix of occurrence and correspondence analysis it was seen that *Crhysomya rufifacies*, *Cochliomyia macellaria*, *Musca domestica*, *Hermetia* sp, *Hydrotaea aenescens*, *Hermetia* sp. *Blaexosipha* sp., *Lepidodexia* sp. *Piophila* sp, as well as the families Demestidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Cleridae, Curculionidae, Trogidae and Histeridae, they give useful information for an estimate; on the other hand, with Pearson correlations was established the relationships between sarcosaprophagous species whit descomposition states.

Key words: Forensic entomology, succession of diptera and coleoptera.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme el financiamiento para realizar mis estudios de posgrado.

Al Colegio de Postgraduados por la formación académica en el posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología.

Agradezco al Dr. Hussein Sanchez Arroyo por haber contestado ese primer correo para que trabajará esta investigación con él, y darle riendas al estudio, le agradezco haberme guiado en mi estancia en el colegio y las jaladas de orejas.

Al Dr. Armando Equihua Martínez, por estar al tanto de mis pasos, el apoyo en todo momento tanto lo que se requería para la investigación, como académico y personal.

Por su puesto mi sincero agradecimiento para la Dra. Guadalupe del Carmen Reyes Solís, ya que no sólo estuvo a la disposición en todo momento, si no porque desde hace 4 años se venía siguiendo este proyecto hasta cumplirlo. Por el apoyo económico para realizar la investigación, por darme un espacio para trabajar en el laboratorio de Arbovirología, por dejarme llenar su casa de gusanos, malos olores y cadáveres. Por escucharme y decir; “Tú puedes, pequeño saltamontes” y sé que conmigo puso a prueba su paciencia. Le agradezco por todo este tiempo.

Y no cabe duda agradecer al Dr. Jesús Romero Nápoles, es una persona que admiro por su entereza, su pasión profesional y por la vida, sus consejos muy sabios para mí, y en el momento justo que sin querer necesitas una mano, aparece. Por orientarme y ayudarme no solo en lo académico, también en lo personal. Por ayudarme en la identificación de coleópteros y fotografías de los mismos, por darle forma a lo escrito. Gracias por su paciencia, hablar sobre la filosofía de la vida son las mejores platicas. Dr. Romero no solo aprendí a ver que las circunstancias hacen cambiar todo en el tiempo, también estoy aprendiendo a ser consciente. Gracias por su tiempo y dedicación. PD: Ya me gustan las pulseras de cuentas.

A la Dra. María Teresa Perez-Gasga por su inigualable chispa, sus consejos, su paciencia, por resolver situaciones que se nos presentaron con las claves taxonómicas y usted dirigirse con especialistas en el área de la entomología. Muchas gracias por hacerme saber que no estamos solos.

Al M. en C. Fabian García Espinosa por aceptar guiarme en la identificación de ejemplares, buscar claves, compartir ideas e información, sé que le saque canas verdes. Muchas gracias Maestro por la paciencia que me tuvo y por esa salida de campo donde me emocione por ver los hermosos cerros. Y claro a su esposa Ceci y toda su familia siempre pendiente en todo momento de mí, por su cálida bienvenida. Espero probar de nuevo esa Discada.

A todo el departamento y los Dres. Que se encuentran en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Laguna. En el área de Parasitología, por brindarme todo lo necesario y por hacer amena mi estancia en la Universidad. A Gaby del laboratorio de Parasitología por siempre estar pendiente de mí y por alimentarme en las largas jornadas. Al maestro Javier López Hernández por darme la oportunidad de realizar la estancia en la universidad y por darme la confianza de sentirme como en casa.

A mi hermana Liudmi del C. Campos Granados que sin su ayuda para contar y separar mis muestras me hubiera demorado aún más, siempre ha estado conmigo, a pesar de nuestras diferencias nos seguiremos apoyando. Es como mi segunda madre. Gracias hermana por ser entomóloga por unos meses, por soportar olores, por permitirme llenar tu casa de alcohol, frascos, larvas, y por meterte presión. Recuerda que todo lo que nos proponemos lo logramos.

A los estudiantes de licenciatura en el estado de Yucatán Alex, Orlando, Alan, Javier. Pasamos un día entero con los buenos olores de pegamento, como olvidar los buenos momentos, sobre todo de fantasmas. No olvidaré los días de cortes en las manos, quitar alambres, entumidas de manos, raspones, y mucho de lo que nunca se me olvidará, unas buenas coca-colas. Orlando muchas gracias por suplirme un fin de semana, sé que te sentiste solo ahí, pero gracias por aventarte a la aventura.

A Rosy del laboratorio de Arbovirología por ver mi desesperación al no tener viales y ayudarme a conseguir, gracias Rosy por echarme porras. A Regina por echarme la mano cuando recién llegaba a Texcoco y los buenos momentos.

Estoy totalmente agradecida con la familia Cordero-Paoly de Texcoco, son una familia excelente, y también son mi familia, gracias por las ricas comidas señora Silvia, sus platicas, agradezco que sea tan cálida, en su hogar se sentía como estar en casa. Gracias por sus atenciones, creo que el agradecimiento que le tengo a su familia es muy grande. Y la familia Quirino-Anguino de Torreón Coahuila, por dejarme entrar a su casa por asares del destino, por darme la oportunidad de ser parte de la familia, y darme la confianza de sentirme como en casa, señora Silvia gracias por cocinar con amor, a pesar de lo cansada que estaba. Extrañaré las ricas gorditas que nunca me salieron como a usted. No olvidaré las “gorditas chacha”. Un profundo agradecimiento.

Al matemático Adrián por ser muy paciente para explicarme y ayudarme en estadística, por los cambios que surgían a cada momento.

A todos mis compañeros y amigos que estuvieron de colegas conmigo durante el posgrado. A Estefani N. Sandoval Cornejo, amiga tu actitud positiva, cuando no andabas cerca se extrañaba, gracias por los buenos momentos y a M. Martha Reyes Zavala, por ser una gran amiga que estuvo en las buenas y en la peores, no sé cómo agradecerte lo que hiciste por mí. Tus consejos, acompañarme en los momentos más duros de la vida. Para mi eres muy importante, mujer fuerte y de excelente corazón. Por esos días de estudio hasta la madrugada y las alarmas a todas horas para levantarnos y seguir, los

complicados dibujos de morfología y claro las chocoaventuras. ¡¡Que tiempos y momentos!! memorables.

Agradezco a todos los involucrados durante este tiempo por acompañarme en esta aventura, si no los mencioné no es por no tenerlos presentes, es porque soy un tanto distraída.

Y a ti que te fuiste informal sin decir un adiós claro, me sacudiste, moviste lo inmóvil en mí, y me enseñó a ver quién soy y de que soy capaz. Lo aprendido, los buenos momentos vividos y compartidos es lo que agradezco. Las mariposas monarcas y la pirotecnia de esa noche fue mágico. Sé que todos volvemos a donde alguna vez se amó la vida y ahí estaremos, amando la vida una vez más.

"La muerte es una quimera: porque mientras yo existo, no existe la muerte; y cuando existe la muerte, ya no existo yo". Epicuro de Samos (341AC-270AC)

DEDICATORIA

A mis padres María del Carmen Granados Cachón y Rodolfo de Jesús Campos Ix, ellos son mi motor, aprendimos juntos.

A mis hermanos Rodolfo G. Campos Granados y Liudmi del C. Campos Granados.

A mis sobrinos, Ángel H. Rodríguez Campos, Paola M. Rodríguez Campos, Jennifer A. Rodríguez Campos.

Al amor y por su puesto a mí.

*No te rindas, aún estás a tiempo de alcanzar y comenzar de nuevo,
aceptar tus sombras, enterrar tus miedos,
liberar el lastre, retomar el vuelo.
Aunque el frío queme,
Aunque el miedo muerda.*

*Aún hay fuego en tu alma,
Aún hay vida en tus sueños.*

Fragmento: Poema Mario Benedetti

La vida misma.

Un día me conocí por casualidad y causalidad.

*Antes de iniciar este nuevo viaje a este mundo totalmente desconocido para mí, estaba dormida entre la obscuridad que se notaba al abrir los ojos. Pero algo había en esa obscuridad espesa, lo único sospechable de la travesía que iniciaba con un simple: "GANAS", ganas de la vida, ganas de explorar ahí afuera, sospechaba que no sabía a lo que me enfrentaba, pero que iba ser divertido y algo revuelto, en cualquier forma o circunstancia que se presentara lo que yo perseguía. Se preguntarán ¿Qué perseguía? Pero ni yo sabía la respuesta. Era ese algo que estaba confuso. Lo desconocido no solo era lo que había ahí en la densa obscuridad, también yo me desconocía. Años sin conocerme y sin reconocer quien era yo. Pero la aventura iniciaba y como toda la adrenalina no se escondió, las risas no faltaron, las tristezas y los tropiezos a la orden del día. Este viaje que dio inicio a mi paso, conocí algunos sitios, fue una travesía encontrar la casa de estudios que me recibiría. Dicen por ahí: cuando las puertas de un lugar se cierran a veces se olvidan de cerrar las ventanas, aunque algunas otras cierran hasta el hoyo menos evidente del lugar, pero siempre existe otra forma de hacer lo que deseas. Por mi paso en diferentes lugares conocí personas excelentes, cada una me dejó un gran detalle; "APRENDIZAJE", cada ser esta en mis pensamientos. Personas llegaron se quedaron y otras volaron. Ésta metamorfosis me enseñó la paciencia, tolerancia, respeto, humildad, valores, mantener viva la curiosidad, amarse por, sobre todo, ser fuerte ante circunstancias que no son más que oportunidades, y digo ser fuerte porque no es más que ser inteligente emocionalmente y eso implica una fuerza, sobre todo cuando luchas con tus demonios internos, por cierto, siempre hay que trabajar en uno mismo. Por su puesto no olvidar quién eres y de dónde vienes, al final aprendes hacia dónde vas, se ordena poco a poco en ti y si no en este momento, seguramente en otro se terminará de acomodar. Todo tropiezo es una oportunidad, todo tiene un fin, todo inicia y termina en el momento justo, no antes, no después, en el momento justo. Al final del largo camino y ya con mayor claridad, ahí se encontraba consciente: **LA VIDA MISMA.***

Solo he aprendido que no sabemos nada, que las lágrimas solo limpian como el agua y que el viaje no termina jamás: Consciente. P. Campos 2018.

Si de verdad quieres ayudarme:

No camines por mí, déjame caminar por mi camino;

No hables por mí, déjame hablar y escúchame;

No llores por mí, déjame llorar y acompáñame;

No decidas por mí, déjame elegir y respeta mis decisiones;

No te arrojes al agua por mí, déjame que aprenda a nadar;

No me impongas tu experiencia, déjame hacer la mía;

No aciertes por mí, déjame aprender equivocándome:

Porque yo crezco más con mis errores que con tus aciertos.

R. Trossero 2015.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Literatura citada	5
REVISIÓN DE LITERATURA	
Entomología forense.....	6
La entomología forense a través de los años.....	7
Descomposición cadavérica.....	10
Fenómenos cadavéricos bióticos y abióticos (tempranos).....	11
Procesos de descomposición cadavérica (cambios postmortem, tardíos).....	13
Procesos y fases de descomposición cadavérica empleados por la entomología forense.....	14
Factores que afectan la descomposición cadavérica.....	18
Entomofauna cadavérica y su relación con el intervalo postmortem.....	19
Clasificación de la artropodofauna de importancia forense.....	23
Órdenes de importancia forense.....	24
Importancia de una colección de entomofauna cadavérica.....	26
Otras aplicaciones de la entomología forense.....	27
LITERATURA CITADA	29
CAPITULO I. ESTUDIO DE ENTOMOFAUNA DE DIPTERA Y COLEOPTERA ASOCIADA A CADÁVERES DE CERDO (<i>Sus scrofa domestica</i> L.) EN UN ÁREA RURAL DEL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO.	
1.1. RESUMEN	34
1.2. ABSTRACT	35
1.3. INTRODUCCIÓN	36
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	38
1.4.1. Lugar de estudio.....	38
1.4.2. Fechas de estudio.....	39
1.4.3. Establecimiento del lugar de estudio.....	39
1.4.4. Construcción de la jaula/trampa.....	39
1.4.5. Modelo animal.....	40
1.4.6. Muestreo.....	41
1.4.7. Análisis estadístico.....	44
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
1.5.1. Duración de los estados de descomposición.....	47
1.5.2. Entomofauna cadavérica.....	49
1.5.3. Estados de descomposición y sucesión de insectos.....	51
1.5.3.1. Estado fresco.....	52
1.5.3.2. Estado hinchado.....	52
1.5.3.3. Estado activo.....	54

1.5.3.4. Estado avanzado.....	54
1.5.3.5. Restos secos.....	55
1.5.3.6. Estados de descomposición y el clima.....	62
1.5.3.7. Análisis de correspondencia.....	65
1.6. CONCLUSIONES.....	77
1.7. RECOMENDACIONES.....	78
LITERATURA CITADA.....	79
ANEXOS.....	85

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I.

Figura 1. Lugar de estudio. Chenché de las Torres, Temax, Yucatán.....	38
Figura 2. Jaula/trampa.....	40
Figura 3. Schoenly para proteger el cuerpo y captura de insectos.....	41
Figura 4. Colocación de la trampa y colecta.....	45
Figura 5a. Temperatura registrada en los meses de noviembre-diciembre-enero.....	47
Figura 5b. Evolución de la humedad relativa a lo largo del horizonte de estudio.....	47
Figura 6. Duración de cada estado de descomposición.....	48
Figura 7. Crías de larvas de dípteros.....	51
Figura 8. Estados de descomposición.....	57
Figura 9. Cambios de color en la piel.....	58
Figura 10. Huevos en la nariz.....	58
Figura 11. Ruptura de la piel.....	58
Figura 12. Incremento de larvas.....	58
Figura 13. Cadáver con aspecto chocolatoso.....	58
Figura 14. Abandono del cadáver por larvas para posteriormente pupar.....	58
Figura 15. Visita esporádica de dípteros al cadáver.....	59
Figura 16. Crecimiento de hongos alrededor del cadáver.....	59
Figura 17. Emergencia de adultos.....	59
Figura 18. Pupas de dípteros.....	59
Figura 19. Arañas dentro de la trampa.....	59
Figura 20. Larva y adulto de Histeridae depredando.....	60
Figura 21. Dípteros reposando sobre un tronco para terminar su desarrollo.....	60
Figura 22. Larvas y mudas de coleópteros.....	60
Figura 23. Realación entre temperatura y humedad.....	63
Figura 24. Analisis de correspondencia de dípteros.....	67
Figura 25. Analisis de correspondencia de coleópteros.....	68
Figura 26. Analisis de correspondencia de dípteros y coleópteros.....	69

LISTA DE CUADROS

CAPITULO I.

Cuadro 1. Entomofaua asociada a cadáveres de cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i> L.).....	50
Cuadro 2. Dípteros en los diferentes estados de descomposición.....	61
Cuadro 3. Coleópteros en los diferentes estados de descomposición.....	61
Cuadro 4. Asociación entre presencia y ausencia de especies y variables climatológicas.....	63
Cuadro 5. Matriz de ocurrencia de dípteros asociados con el cadáver de cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>) en el estado de Yucatán.....	70
Cuadro 6. Matriz de ocurrencia de coleópteros asociados con el cadáver de cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>) en el estado de Yucatán	70
Cuadro 7a. Especies según el análisis de correspondencia de dípteros.....	71
Cuadro 7b. Familias según el análisis de correspondencia de coleópteros.....	71
Cuadro 8. Familias y especies en conjunto de dípteros y coleópteros según el analisis de correspondencia.....	72

INTRODUCCIÓN GENERAL

El uso de insectos y otros artrópodos como una herramienta para las investigaciones criminales y de vida silvestre se inició en el siglo XII en China denominada entomología forense (Mcknight, 1981). Lord & Stevenson (1986) identificaron tres categorías en la entomología forense: urbana, de productos o granos almacenados y médico legal. La entomología forense médico legal, ésta trata de la participación de artrópodos relacionados con delitos graves. El nombre más preciso para esta disciplina es entomología forense médico criminal (Catts y Goff, 1992). La primera aplicación de la entomología forense para la estimación de la muerte fue realizada por Bergeret en 1855 (Catts y Goff, 1992; Smith, 1986). La principal aportación de la entomología forense es la estimación del intervalo postmortem, es decir el tiempo entre la muerte y el descubrimiento del cuerpo. Después de la muerte de un animal o un ser humano, éste se vuelve atractivo para diferentes artrópodos, especialmente insectos como los dípteros y coleópteros. Pueden estar presentes insectos con roles diferentes, esto dependerá de la etapa o fase de descomposición en el que se encuentre el cadáver (Catts y Goff, 1992). Para tener esta estimación se requiere saber sobre las especies de insectos de determinada región geográfica y la estimación de los tiempos de desarrollo de la descomposición según las características que presente el lugar biogeográfico donde se localice el cadáver, de esta forma un entomólogo forense puede proporcionar una medida del posible intervalo postmortem. Cuando la muerte es reciente se debe considerar el grado de desarrollo de las especies que colonizan el cadáver, que por lo general son las larvas de dípteros. Existen otras aplicaciones en la entomología forense como es la entomología molecular, esta rama normalmente se ocupa cuando se complica

identificar etapas inmaduras (huevo, larva o pupa) de dípteros, por ejemplo, ya que por lo general se requiere de la espera de la emergencia de las formas adultas para proceder con la identificación taxonómica, con esta técnica se puede emplear cualquier etapa de desarrollo, además con esta herramienta también se reafirmará la especie; el método consiste en la secuenciación de ADN (Pancorbo, 2006). Otra aplicación es la entomotoxicología, esta herramienta se utiliza para la detección de estupefacientes e intoxicación de un animal o persona. (Garcés *et al.*, 2017). Durante una sucesión cadavérica los primeros insectos en arribar un cadáver por lo general son los dípteros, éstos pueden ser de las familias Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Piophilidae, Scathopagidae, Sepsidae, Stratiomyidae y Phoridae. En el caso de especies del orden Coleoptera, éstas aparecen en las últimas etapas de descomposición y las familias frecuentes son: Silpidae, Dermestidae, Sthaphylinidae, Histeridae, Trogidae, Scarabaeidae y Nitidulidae; este grupo de coleópteros se ha reportado como el segundo más importante en la sucesión cadavérica (Bird y Castner, 2001; Castillo, 2001). Las especies que se encuentren en un cadáver pueden ser de distribución cosmopolita o específicas del área, aunque estas últimas pueden cambiar con el tiempo, debido a la deforestación, urbanización, reforestación, entre otras; razón por cual es importante tener una base de datos de amplia distribución. En México recién se está estableciendo el campo de la entomología forense, por lo que las contribuciones de literatura en México son escasas, la mayoría ha aparecido en los últimos 12 años, y ha caracterizado a la fauna entomológica involucrada en los procesos de descomposición. La literatura evolucionó en la década de 1960. Publicaciones más recientes han comenzado a involucrar preguntas de investigación que incluyen metodologías iniciadas en los Estados

Unidos, como el empleo de técnicas moleculares para identificar ADN humano en tejido larval de moscas, efectos de sucesión en insectos necrófagos, desarrollo de nuevas técnicas de identificación para mejorar la taxonomía, por su parte Márquez (2003) inicia el uso de necrotrampas para coleópteros. Posteriormente Martínez *et al.* (2009) realizaron un estudio comparativo con cerdos intoxicados con paratión metílico, en tanto que García *et al.* (2012) determinaron los requerimientos calóricos para dípteros. Sin embargo, así como todavía hay pocos datos sobre la taxonomía, distribución y variación de las tasas de desarrollo en los Estados Unidos y Canadá, lo mismo puede decirse de México con artículos publicados que cubren solamente 4 ó 5 de los 31 estados mexicanos. En 2008, entomólogos forenses canadienses y de Estados Unidos fueron invitados a asistir en una conferencia internacional de entomología forense con sede en Saltillo, Coahuila, México. Tales interacciones entre los Estados Unidos, Canadá y México son vitales para el avance de la investigación y la educación en entomología forense, de modo que su uso sea sólido en los sistemas judiciales (Rivers & Dahlem, 2014). En el estado de Yucatán no existen publicaciones acerca de la entomofauna existente, sin embargo, existe un manuscrito en formato de tesis de 2013 que, aunque no publicado, con este estudio se está aportando información y todo lo que se genere en el estado en relación con la entomología forense es de suma importancia.

Para este estudio se supuso que la entomofauna cadavérica de dos órdenes de insectos y su asociación con la descomposición de un cadáver es variable durante el tiempo, por otro lado, su abundancia y diversidad también será igualmente variable, ya que los cadáveres son microhábitats donde pueden desarrollarse un gran número de especies durante el tiempo, asociadas a la degradación, observando como principales y más

importantes colonizadores al orden díptera y coleóptera. Tomando en cuenta estas consideraciones, el presente estudio tuvo los siguientes objetivos:

- Estudiar la sucesión de especies de orden Diptera y Coleoptera en un proceso de descomposición de cerdos en un área rural del estado de Yucatán, México.
- Identificar los dípteros y coleópteros de importancia forense presentes en la descomposición cadavérica.
- Comparar la diversidad de Diptera y Coleoptera de importancia forense en las diferentes etapas de descomposición.
- Relacionar la sucesión de Diptera y Coleoptera con los estados de descomposición en cerdos.

Para llevar a cabo el trabajo de investigación se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva que se incluye en el Capítulo I, la cual nos dio un panorama de lo que se ha realizado en otros países y en México, y de esta forma plantear una metodología viable para el estudio. En tanto que en el Capítulo II se detalla el estudio que se realizó de la sucesión en un cadáver de un cerdo en una temporada, para conocer las principales especies de coleópteros y dípteros y su relación con los estados de descomposición, así como la diversidad de estos dos grupos.

LITERATURA CITADA

- Byrd J., H. y L. Castner J. 2001. Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in legal Investigations. CRC Press. USA. 418 pp.
- Castillo M. M. 2001. Artrópodos presentes en carroña de cerdos en la comarca de la litera (Huesca). Bol. S.E.A., 28: 133-140.
- Catts, E. P. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. Annual Review Entomology, 37: 253-272.
- Garcés, P., Lasso, E. y Varela, V. (2017). Detección de levamisol en larvas de moscas necrófagas de importancia médico legal. Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios, 4 (2): 71-88.
- García Espinosa, F. Ma., T. Valdés Perez Gasga, F. J. Sánchez Ramos, S. Z. Yusseff Vanegas & Ma. T. Quintero Martínez. 2012. Desarrollo larval y requerimientos calóricos de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae) durante primavera y verano en Torreón, Coahuila. Acta Zoológica Mexicana, 28(1): 172-184.
- Lord, W. D., Stevenson, J. R. 1986. Directory of Forensic Entomologists. Washington DC: Am. Reg. Prof. Entomol., 2nd Ed. 42 pp.
- Marquéz, J. 2003. Ecological patterns in necrophilous Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) from Tlayacapan, Morelos, México. Acta Zoologica Mexicana, 89: 69-83.
- Martínez, R. H., J. F. Jaramillo., J. Escoto, R., M. L. Rodríguez, V., F. A. Posadas, R., I. E. Medina, R. 2009. Estudio comparativo preliminar de la sucesión de insectos necrófagos en *Sus scrofa* intoxicado con paratión metílico, en tres periodos estacionales. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 40(3): 5-10.
- McKnight, B. E. 1981. The Washing Away of Wrongs: Forensic Medicine in Thirteenth-Century China. The University of Michigan Center for Chinese Studies, Ann Arbor. 181 pp.
- Pancorbo de M. M., Ramos, R., Saloña, M., & Sánchez, P. 2006. Entomología Molecular Forense. Ciencia Forense, 8: 107-130.
- Rivers, B. D y G. A. Dahlem. 2014. The science of forensic entomology. Editorial: Garsington Road, Oxford. 402 pp.
- Smith, K. G. V. 1986. A manual of Forensic Entomology. British Museum Natural History London. 207 pp.
- Zepeda-Cavazos, I. G., F. J. Iruegas-Buentello, R. Mercado-Hernández, Gilberto Tijerina-Medina, E. Solís-Esquivel y H. Quiroz Martínez. 2016. Registro de la actividad de los insectos en necrotrampas enterradas y expuestas en Nuevo León, México. Entomología Medica y Forense. Entomología mexicana. 3: 676-681

REVISIÓN DE LITERATURA

La entomología forense

La entomología forense es el estudio de los insectos y otros artrópodos asociados con cadáveres y su aportación en situaciones legales, de acuerdo con Catts y Goff (1992), Velazquez- Anzueto (2015), Latorre (2010) y Beltran *et al.* (2011) mencionan que la entomología forense está relacionada con los campos de la entomología médica, la taxonomía y la patología forense y se encuentra dividida en las siguientes tres categorías: 1) la entomología urbana, que se involucra en casos legales donde los insectos causan problemas en el ambiente humano, también se pueden hacer demandas legales relacionadas con el mal uso de plaguicidas; 2) la entomología forense de productos almacenados, es la que generalmente se ocupa de la infestación de artrópodos en una amplia gama de productos comerciales o con partes de insectos en los alimentos de consumo humano; 3) la entomología médico legal o entomología médico forense, se trata de la participación de los artrópodos en eventos relacionados con delitos graves, principalmente muertes violentas, como son asesinatos, suicidio, violaciones, así como el tráfico de contrabando y el abuso físico. Principalmente su aplicación es para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte, hasta el hallazgo del cadáver, también conocido como intervalo postmortem (IPM), este se basa sobre las tasas de desarrollo y ecología de la sucesión de insectos específicos que se alimentan de cuerpos. De acuerdo a Latorre (2010), Catts & Goff (1992), Beltran *et al.* (2011) y Velasquez Anzueto (2015), el movimiento del cadáver, la forma y la causa de la muerte, la asociación de los sospechosos con la escena del crimen y la estimación del intervalo postmortem son importantes para conformar una información correcta, además Marrugarra (2016) indica

que esta estimación se realiza observando cómo se encuentra los restos, si estos presentan flacidez muscular, rigor mortis, livideces, tono de piel, entre otras variables como son la temperatura, humedad, precipitación, colocación o posición del cadáver, si este se encuentra desnudo, sumergido, o en tierra también son importantes. La evidencia entomológica juega un papel muy importante en cada etapa de la descomposición cadavérica (Ibargoyen, 2002).

La entomología forense a través de los años

Desde mediados del siglo X se conoce la utilidad de los insectos, en China utilizaron a las moscas para la investigación de la escena de un crimen, tanta fue la importancia de estos insectos que el primer documento data del siglo XII, y este registro lo tenemos gracias a un investigador llamado Sung Tz'u que realizó una recopilación o manual llamado Hsi yüan chi lu, posteriormente éste fue traducido al inglés con el nombre de The Washing Away of Wrongs por Mcknight en 1981; este manual describe como realizar una investigación a base de la Entomología. Este manual que da capacitación sobre la investigación de una muerte menciona como un asesino acepta su culpabilidad por realizar un asesinato con una hoz en una granja. Fue la primera investigación donde se involucra la Entomología, desde entonces se conoce este caso, reportándolo en todos los documentos e investigaciones científicas y a este tipo de investigación forense se le nombra Entomología Forense (Mcknight, 1981; Benecke, 2001). A mediados del siglo XIX aún no se tomaba en cuenta la entomología forense en los casos legales, pero aparecieron los primeros trabajos de la entomología en el ámbito legal y forense, como en el caso del Dr. Bergeret en 1850, donde se trató de determinar el intervalo postmortem

(IPM) en un neonato, por medio de las larvas halladas en los restos; el cual descubrió las larvas de moscas de la carne *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus) y algunas polillas (Gennard, 2007; Torrez *et al.*, 2006). Pierre Mégnin experto entomólogo y parasitólogo, expandió los estudios de sus predecesores entre los años 1883 y 1898; Mégnin es el verdadero fundador de la entomología forense moderna. En 1887 publica artículos referidos a la entomología medico criminal, uno de ellos La Faune des Cadavres: Application de L 'Entomologie 'a la Medicine Légale (1894) obra de gran importancia, donde relacionó ocho etapas de la descomposición humana con la sucesión de insectos que colonizan el cuerpo después de la muerte, posteriormente se demostró que estas etapas de descomposición variaban en velocidad y dependían de las condiciones ambientales, incluida la temperatura y por ejemplo, si el cadáver estaba vestido o no. En 1957, el australiano Bornemisza hizo por primera vez experimentos para estudiar la sucesión de insectos necrófagos. En 1978 el Dr. Marcel Leclercq de Bélgica, publicó un tema del siglo XX, Entomologie et Médecine: Datation de la Mort (Entomología y Medicina legal: Datación de la muerte); después en 1986, Smith publicó el Manual de la Entomología Forense, a partir de este momento la entomología forense ha ido en ascenso. Uno de los trabajos más destacados es la obra de Janson Byrd & James Castner, titulado "Forensic Entomology: The Utility Of Arthropods in Legal Investigations" publicado en 2001. Mark Benecke tiene grandes aportes en la entomología forense como el libro titulado "Insects and Corpses", editado en 2002. Greenberg y Munich publican también en 2002 "Entomology and the Law: Flies as Forensic Indicators" donde se describen las moscas de importancia forense (Pancorbo, 2006).

En México existe un rezago en cuanto a los avances en comparación con otros países, sin embargo, en la SEMEFO de la ciudad de México se encuentra el biólogo egresado de la UNAM Arturo Cortes Cruz, sus investigaciones han sido sobre entomotoxicología y sus trabajos han sido comentados ampliamente por Corona (2008) y Garcés *et al.* (2017). En el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, se estudió la sucesión de la fauna cadavérica asociada a cerdo blanco, que ayudó a conocer la entomofauna que se encuentra en los cadáveres de los cuerpos en el municipio de Texcoco (Flores, 2009). En la procuraduría general de la República los biólogos Humberto Molina y Manuel Nava han trabajado 15 años con temas de la entomología forense, desarrollando investigaciones sobre el IPM y la identificación de ADN Humano. La Universidad Nacional Autónoma de México tenían iniciativa de la conformación del laboratorio de entomología forense en la Procuraduría Federal de Justicia del Distrito Federal (Molina, 2009). Otros estudios realizados en México como lo realizado por González *et al.* (2013) los cuales observaron coleópteros asociados a cadáveres de lechón. Estos son algunos de los trabajos que se han realizado y sus intentos por aplicar como herramienta a la entomología forense. La Procuraduría General de Justicia del Estado de Chihuahua, los Servicios Periciales y Medicina Forense, en el año 2003 llevaron a cabo el “Primer congreso internacional de ciencias forenses” dentro del taller se contó con la participación del Dr. Mark Benecke, uno de los más reconocidos en el ámbito internacional acerca de esta disciplina. Sin embargo, la falta de acceso a los cuerpos encontrados por la PGJE para una exploración y ampliación de esta materia hace que esta disciplina sea frenada en México y eso provoca rezagos tecnológicos y legales. En el estado de Tamaulipas se han reportado sólo 4 investigaciones las cuales han sido

pioneras (Villegas *et al.*, 2013). En el estado de Yucatán se reporta un escrito por parte de Navarrete en formato de tesis, realizada en el año 2013 y al parecer nunca se publicó.

Descomposición cadavérica (Fenómenos cadavéricos).

Como primer punto se debe entender que es la muerte en términos médicos, según Pérez-Pérez (2016) ésta se entiende como la extinción de todas las funciones biológicas y el organismo queda a concesión de su medio interno y externo que lo rodea; a la par también, biológicamente la muerte de un ser vivo, tiene una serie de cambios y transformaciones físico - químicas que hacen de este cuerpo sin vida un ecosistema dinámico y único al que van asociados una serie de organismos necrófagos, necrófilos, omnívoros y oportunistas que se van sucediendo en el tiempo, dependiendo del estado de descomposición del cadáver (Magaña, 2001). Los fenómenos cadavéricos se clasifican en dos tipos; inmediatos o tempranos y tardíos o mediatos. Los fenómenos cadavéricos tempranos son: el enfriamiento, la deshidratación, las livideces, la rigidez y el espasmo cadavérico. En los tardíos el cadáver sufre alteraciones hasta su destrucción completa, y ésta es la evolución natural de los fenómenos cadavéricos e incluyen: la autólisis, la putrefacción y la antropofagia cadavérica. Los factores que acelera la putrefacción son; la obesidad, las enfermedades sépticas, la agonía prolongada, los traumatismos extensos, el cadáver a la intemperie o expuestos al agua. Lo que retarda la putrefacción, el enflaquecimiento, la deshidratación, hemorragias severas, las intoxicaciones por monóxido de carbono, arsénico y cianuro, el clima seco y la sepultura en tierra (Alvarado, 1999).

Fenómenos cadavéricos bióticos y abióticos (Tempranos)

Los fenómenos cadavéricos **abióticos** también conocidos como transformadores incluyen el enfriamiento cadavérico (*algor mortis*), la deshidratación cadavérica, livideces cadavéricas (*livor mortis*) y la hipostasis visceral. Los **bióticos** son de naturaleza fisicoquímica que tienen lugar en el cadáver al producirse la muerte como rigidez cadavérica (*rigor mortis*) y el espasmo cadavérico (Pérez Pérez, 2016; Alvarado, 1999).

Enfriamiento cadavérico (*algor mortis*). Ocurre con el cese de las funciones vitales, se pierde temperatura corporal hasta igualarse con la temperatura del ambiente. Esta inicia en las partes salientes y expuestas como son los pies y la cara, a las 2 horas ya se puede percibir la frialdad, posteriormente llega a otras partes del cuerpo, por último las axilas, cuello que son los que conservan mayor calor. Ésta se puede completar entre las 8 y 17 horas después de la muerte, aunque normalmente se nota entre las 10 y 12 horas, pero al tacto; sin embargo, con la ayuda de un termómetro se refleja hasta las 24 horas, esto puede variar por la causa de la muerte, la edad, el peso, el estado nutricional, la zona geográfica donde se encuentre el cadáver y la situación en la que se presente (desnudo, en agua, con ropa, etc.). Las áreas más expuestas a los factores ambientales se van a enfriar más rápido que las partes más profundas, y esto también depende, si el cadáver se encontraba desnudo o con ropa, esta variable cuando es observada en un cadáver que este directamente al sol, puede aumentar la temperatura más en lugares tropicales como es el caso de Yucatán (Pérez Pérez, 2016; Alvarado, 1999; Pachar, 2011).

Deshidratación cadavérica. Se deriva de la evaporación de líquidos corporales del cadáver debido a condiciones ambientales que suelen ser extremas. El cuerpo pierde

peso, desecación de las mucosas y fenómenos oculares donde se nota la pérdida de transparencia de la córnea; éste se da por una falta de circulación (Pachar, 2011; Pérez Pérez, 2016).

Livideces cadavéricas (*livor mortis*). Cuando la función cardíaca es frenada la sangre no resulta bombeada por el corazón, la sangre se sitúa en partes declives del cuerpo y aparecen las manchas rojizo-violáceas que serán las livideces, éstas pueden aparecer poco después de la muerte. La coloración normalmente es violácea, pero pueden variar según la causa de la muerte, la intoxicación por CO₂ o cianuro son rosadas, intoxicación con metahemoglobinizantes son achocolatadas, por asfixias son rojo oscuro, por sumersión son rojo claro o rosadas, por hemorragia son claras y escasas, pero la distribución dependerá de la posición del cadáver, esta puede notarse después de una hora y en todo el cuerpo entre las tres y cinco horas. En el ámbito médico forense tienen mayor interés en las livideces paradójicas, éstas se forman en regiones no declives. La transposición de las livideces, donde es posible el movimiento del cadáver después del inicio del proceso, esto ocurre entre 10 y 12 horas después de la muerte; pero si el cadáver se mueve más de las 18 horas, las livideces de la posición inicial no desaparecen, si se mueve después de las 24 horas al cadáver no se forman nuevas livideces (Pérez Pérez, 2016). Las livideces en un cerdo se pueden observar como áreas moradas en orejas, parte de la frente y cabeza, pero los tonos rojizos se detectan entre las 6 y 8 horas después de la muerte.

Hipostasis visceral. Es la acumulación de la sangre en las partes declives de las vísceras. Son más evidentes entre las 6 a 8 horas después del deceso. La hipostasis

está presente hasta el momento que comienza la putrefacción (acelerada en climas tropicales) (Pachar, 2011; Pérez-Pérez, 2016).

Rigidez cadavérica (*rigor mortis*). Este aparece tras la muerte y pasado el estado inicial de relajación y flacidez muscular, un lento proceso de contracción muscular y rigidez. Se produce por cambios de reacción bioquímica de los tejidos del músculo. Ésta produce rigidez del diafragma, contracción de la pupila. El espasmo cadavérico, es un tipo de rigidez cadavérica que se manifiesta de forma instantánea sin que tenga lugar la fase de relajación muscular previa que sigue a la muerte, precede a la rigidez ordinaria (Pérez-Pérez, 2016). Esta alcanza su punto máximo entre las 12 y las 15 horas, aunque puede ser acelerada por el frío, y esta empieza a desaparecer entre las 24 y 30 horas (Grandini, 2014).

Procesos de descomposición cadavérica (cambios postmortem, tardíos).

El proceso de descomposición es generado por la putrefacción, en este proceso de fermentación de origen bacteriano intervienen gérmenes externos que penetran a través de la nariz, boca y órganos respiratorios, así como los órganos internos que intervienen en este proceso de fermentación bacteriana. Los primeros en actuar son los gérmenes aeróbicos que consumen grandes cantidades de oxígeno, cuando éste se agota da paso a los gérmenes anaerobios. La putrefacción puede ser acelerada por los climas tropicales, terrenos abandonados, etc. y algunos que la retardan son el clima frío y los terrenos desérticos. Esta descomposición cadavérica tiene cuatro procesos en la medicina forense:

1) Periodo colorativo o cromático. Se inicia con una mancha verde extendiéndose después en todo el cuerpo, posteriormente se forma una red postuma, se inicia entre las 24 y 36 horas o 48 horas después de la muerte, dura varios días y durante ese tiempo se va transformando progresivamente hasta adquirir una coloración pardo-negrucza.

2) Periodo enfisematoso o de desarrollo gaseoso. Se caracteriza por una producción de gases que invaden el tejido subcutáneo puede aparecer en un periodo de 24 a 48 horas, se observa al cadáver abombado y desfigurado puede durar días, hasta dos semanas.

3) Periodo colicuativo o de licuefacción. En esta fase la epidermis se despegas de la dermis por reblandecimiento, los gases van escapándose del cuerpo que irá perdiendo el aspecto hinchado. Puede durar varios meses de 8 a 10 o incluso días dependiendo de la zona geográfica y el biomodelo utilizado.

4) Periodo de reducción esquelética. En esta etapa todas las partes blandas y el cadáver irán desapareciendo a través de la licuefacción y transformación. Los elementos más resistentes son el tejido fibroso, ligamentos y cartílago que es lo último que aparece adherido a los huesos, puede durar hasta 5 años, o es posible que se presente con mayor velocidad en los climas tropicales (Gisbert y Villanueva, 2004; Grandini *et al.*, 2014; Pachar, 2011).

Procesos y fases de descomposición cadavérica empleados por la entomología forense.

La descomposición de un cuerpo se caracteriza por la destrucción de tejidos mediante procesos de autólisis y descomposición microbiana. La descomposición se lleva a cabo

por varios periodos, en el primer periodo el cadáver luce fresco, en el periodo enfisematoso o de putrefacción, el cadáver se hincha debido a los gases producidos durante la fermentación de tejidos corporales. Durante el periodo de descomposición activa, la carne tiene una consistencia cremosa, con el periodo de descomposición avanzada, el cadáver se seca externamente, por último, el periodo de reducción esquelética, donde se observa el cadáver seco (Gisbert y Villanueva, 2004; Pérez-Pérez, 2016). Dependiendo del sujeto de estudio y del área geográfica se observan diferentes fases durante la descomposición (Arnaldos *et al.*, 2006). En un estudio realizado en Bogotá en 2010, se observaron las fases de estado fresco, flotación temprana, descomposición flotante, deterioro de la hinchazón, restos flotantes, restos hundidos; el objetivo de éste fue el de determinar la entomofauna en condiciones de cuerpos de cerdo en un ecosistema lentic de una sabana, entre los resultados obtenidos fue que se estableció un intervalo de sumersión post mortem (ISPM) de 77 días en el cual se colectaron artrópodos pertenecientes 9 órdenes y 42 familias, en donde el orden díptera fue el más abundante en cuanto a insectos acuáticos y terrestres (Latorre, 2010). Por su parte Sakuma (2005) en un estudio de sucesión en cerdos en Bolivia, tomó en cuenta sólo cuatro estados en la descomposición (fresco, enfisematoso, descomposición activa y descomposición avanzada o esqueletización) y sólo pudo determinar los siguientes insectos involucrados a nivel de familia: Sarcophagidae, Calliphoridae, Dermestidae, Nitidulidae, Syrphidae y Staphylinidae. Sin embargo, Payne (1965) trabajando con cadáveres de cerdo en Estados Unidos reconoció 6 fases de la descomposición, fresco, hinchado, activo, avanzado, seco y remanentes; pero Flores (2009) en su experimento con la sucesión en un cerdo en el Estado de México, sólo utilizó cinco estados de

descomposición (fresco, hinchado, descomposición activa y descomposición avanzada y restos secos), el autor durante su investigación colectó 8,922 insectos entre larvas y maduros distribuidos en 4 órdenes, 14 familias, 33 géneros y 22 especies. En otro estudio Moura *et al.* (2005) trabajaron con ratas en donde observaron las siguientes cinco etapas de descomposición: fresco, hinchado, descompuesto, seco y adipocira; sin embargo, Olaya (2001), al estudiar cánidos, identificó sólo cuatro fases: fresco, hinchado, putrefacto y seco. Aunque Early & Goff (1986) y Goff & Catts (1992) trataron de unificar el criterio en relación al número de fases por las que atraviesa un cuerpo en descomposición indicando que las cinco etapas que se deberían de reconocer de descomposición cuando el cadáver se encuentra en tierra son: fresco o cromático, hinchado o enfisematoso, descomposición activa o colicuativa, descomposición avanzada y restos secos o esqueletización; sin embargo, actualmente no existe un acuerdo general en el criterio de las etapas que pasa un cuerpo en descomposición. Tratando de brindar una unificación en cuanto a las etapas por la que generalmente pasa un cuerpo en su proceso de descomposición, a continuación, se dará una descripción general de cada uno de ellos.

El estado **fresco** comienza en el momento de la muerte y finaliza cuando la hinchazón es evidente en el cadáver, los primeros insectos en llegar son de la familia Calliphoridae y Sarcophagidae, los primeros en rondar o investigar el cadáver y las que se alimentan constantemente del cadáver son las hembras y dependiendo de la especie de díptero suelen poner huevos o larvas alrededor de las aberturas naturales del cuerpo asociadas con la cabeza y en los genitales.

En el estado **hinchado** comienza la putrefacción el cual es el principal componente de la descomposición. Los gases producidos por las actividades metabólicas de las bacterias anaerobias causan inicialmente una ligera inflamación del abdomen y del cadáver. La temperatura interna aumenta en esta etapa como resultado de la descomposición bacteriana y de las actividades metabólicas de las larvas de dípteros. La familia Calliphoridae son fuertemente atraídos en esta etapa de descomposición. A medida que el cadáver se infla los líquidos son forzados a ser filtrados por las aberturas naturales del cuerpo, estos fluidos que, en combinación con el amoniaco, que es un subproducto que se genera por la actividad metabólica de las larvas de los dípteros, hace que el suelo por debajo del cadáver sea alcalino y la fauna normal del suelo salga para dar lugar a la fauna que colonizará al cadáver (Goff, 2009). En este estado de descomposición se produce la rotura de la piel, permitiendo la salida de los gases y los fluidos corporales del cadáver; posteriormente el cuerpo se deshincha por completo, al respecto otros autores mencionan a esta fase como descomposición activa (Arnaldos *et al.*, 2006).

El estado **activo** se presenta cuando las larvas de insectos se alimentan y la putrefacción bacteriana resulta en la capa externa de la piel y el escape de los gases del abdomen, por lo que el cuerpo se desinfla y existen fuertes olores de descomposición. La característica predominante de esta etapa son las masas larvales de dípteros, las cuales se presentan tanto interna como externamente. También llegan los primeros coleópteros y van en aumento en la etapa de descomposición avanzada. Al final de esta etapa la mayoría de los califóridos y sarcófagidos habrán completado su desarrollo y

abandonarán el cadáver para pupar en el suelo. Al final de esta etapa, las larvas sólo dejarán piel y cartílago, ya que la carne fue consumida (Amendt *et al.*, 2010).

Con respecto al estado **avanzado** o estado de **postdecaimiento**, en esta etapa los restos se reducen a la piel, cartílago y hueso, los dípteros dejan de ser predominantes y los coleópteros son los más abundantes y su diversidad aumenta, por ende, hay un crecimiento de depredadores y parasitoides de los coleópteros.

Finalmente el estado **esquelético** se alcanza cuando sólo huesos y pelo permanecen, en general se dice que no hay taxones que vigilen el cadáver, sin embargo, también se puede notar que existen ácaros que pueden ser útiles en el intervalo postmortem, no hay un final definitivo a esta etapa y los cambios en la fauna del suelo pueden ser meses o años detectables después de la muerte (Goff, 2009). Según Gennard (2007) menciona que, aunque se pueden clasificar los estados de descomposición éstos no tienen una duración fija y tampoco distinciones obvias de una etapa a otra.

Factores que afectan la descomposición cadavérica.

La temperatura es un factor que puede retrasar o acelerar la descomposición. A temperaturas más bajas, el crecimiento bacteriano y la actividad de los insectos pueden retrasarse o incluso detenerse. Cuando la temperatura es inferior a los 6° Celsius la mayoría de la actividad de los insectos cesa y ésta pueden reanudarse si la temperatura se eleva. La temperatura entre los 20° y 30°C promueven el crecimiento de larvas, hongos y bacterias (Guarín, 2005); por otro lado, las altas temperaturas también

disminuyen la actividad de los insectos y el cadáver se puede momificarse si se encuentran en un lugar seco.

La lluvia puede fungir como una barrera temporal y después de que ésta cese los insectos vuelven a estar bastante activos (Amendt *et al.*, 2010). Carroñeros que no son insectos también son atraídos por los restos y pueden eliminar carne y en su caso ropa, entre otras cosas. Presencia o ausencia de ropa en un cadáver puede ser completa o parcial, es posible encontrar un cadáver desnudo pero envuelto en diversos materiales, como plástico, mantas, alfombras, saco de dormir, alfombras, entre otras; estas situaciones pueden afectar a la colonización del cadáver y puede retrasar o no la sucesión. Por otro lado, el movimiento de un cadáver puede o no afectar de manera importante la tasa de descomposición y la colonización de los insectos (Byrd & Castner, 2001).

Entomofauna cadavérica y su relación con el intervalo postmortem.

La entomología forense da herramientas para estimar el tiempo transcurrido desde la muerte o IPM, es una estimación de cuándo era más probable la muerte, y este cálculo se basa en numerosos factores, incluida la temperatura del cadáver, la temperatura ambiente, el aspecto físico del cuerpo y una serie de cambios bioquímicos que tienen lugar en los fluidos y tejidos del difunto. El término correcto es estimación, lo que significa que no se puede asignar un valor exacto cuando ocurrió la muerte. Los insectos son usualmente los primeros organismos en arribar a un cuerpo después de la muerte y colonizar en una secuencia previsible. El cadáver, ya sea humano o animal, es un gran recurso alimenticio para un gran número de artrópodos y la fauna puede o no crecer

rápidamente por ser cambiante a medida que se descompone. El cuerpo pasa a través de una secuencia reconocida de etapas de descomposición, de fresco a esquelético. Durante esta descomposición, pasa a través de dramáticos cambios físicos, biológicos y químicos. Cada una de estas etapas de descomposición es atractiva para un grupo diferente de artrópodos sarcosaprófagos, principalmente insectos. Algunos son atraídos directamente por el cadáver, que se utiliza como alimento o un medio de oviposición, mientras que otras especies son atraídas por la gran agregación de otros insectos que utilizan como recurso alimentario (Byrd & Castner, 2001). Es importante conocer la secuencia de los insectos en determinado lugar para hacer viable el análisis de la fauna de artrópodos en un cadáver y para estimar métodos precisos para investigaciones de homicidios. Después de determinado tiempo, sean meses o semanas después de la muerte, los insectos inician la colonización; por lo general, los insectos colonizan en una secuencia predecible, algunos insectos son atraídos a los restos muy poco después de la muerte, otros son atraídos en las siguientes etapas. Cuando los insectos emigran de los restos, invariablemente dejan evidencia de su presencia, como son exuvias y puparios vacías. A partir de esta información puede establecerse un tiempo exacto de muerte. Sin embargo, la sucesión de insectos en un cadáver se ve afectada por muchos factores, incluyendo la región geográfica, la exposición, la estación y el hábitat (Catts y Goff, 1992; Keh, 1985). Los insectos juegan un papel importante durante la sucesión y son clasificados de acuerdo con su rol, como son especies necrófagas, depredadores, parasitoides, inesperadas o accidentales y omnívoros.

Para realizar un estudio de sucesión cadavérica, se necesita material bibliográfico acerca de los estudios de los insectos relacionados con cadáveres. Los estudios realizados en

diferentes partes del mundo utilizan individuos no humanos para llevar a cabo la investigación, como son ratas y gatos (Mavarez *et al.*, 2005). También suelen utilizar con mayor frecuencia el cuerpo o carcasas de los cerdos que se asemejan con la descomposición del cuerpo humano, éstos se han utilizado por valores éticos. En la región neotropical encontramos, por ejemplo, estudios realizados en Argentina en un cadáver humano por Aballay (2008); empleando ratas en Colombia por Beltrán (2015) y Murrugarra en Perú (2016) utilizando cadáveres de cerdos. Es importante informarnos del área geográfica donde se llevará a cabo el estudio, la temperatura ambiente (termómetro de mínimas y máximas), la temperatura corporal del cadáver en diferentes fases (termómetro de mercurio), la vegetación, las estaciones del año, precipitación pluvial, humedad relativa (termohigrómetro), sequias. Tomar en cuenta de qué forma se está colocando el cadáver. Los artrópodos se pueden coleccionar de manera directa o utilizando trampas de golpeo, pinzas u otra técnica. Los insectos en su etapa inmadura se pueden capturar utilizando pinzas, hisopos y tubos, durante las primeras 24 horas del sacrificio. Las larvas deben ser preservadas en etanol al 70% y coleccionadas con pinzas o palas jardineras (Byrd & Castner, 2001). Toda esta información es importante en el momento de realizar un estudio sobre todo para saber la relación existente entre el cadáver y los artrópodos que estarán presentes en la descomposición del cadáver. La importancia del intervalo postmortem (IPM) es muy importante, ya que esta información ayudará a identificar tanto al individuo que fue víctima como el victimario; también el IPM puede aplicarse para casos de negligencia, abuso y caza furtiva de vida silvestre y de esta forma vincular a los sospechosos con la escena del crimen o para eliminar la sospecha (Rivers & Dahlem, 2014). Al efectuar un levantamiento, el patólogo forense

puede dictaminar con precisión las primeras 48 horas seguidas del deceso, después de las 72 horas técnicamente el único y más confiable método de estimación, se lleva a cabo con las sucesiones de la entomofauna. La estimación del IPM basada en la sucesión de las especies de la entomofauna cadavérica, requiere el conocimiento de las especies y la estimación de los tiempos de desarrollo, según las características biogeográfica donde se halle el cadáver (Corona, 2008). Arnaldos *et al.* (2006) mencionan que cada grupo de artrópodos juega un papel determinado en los diferentes estadios de descomposición de la materia orgánica y pueden clasificarse en una división particular por sus hábitos de alimentación.

El intervalo postmortem también puede ser utilizado para confirmar o refutar la coartada de un sospechoso y para ayudar en la identificación de víctimas desconocidas, enfocando la investigación dentro de un marco de tiempo. El IPM puede estimarse de dos maneras básicas, primero, durante los procesos tempranos de descomposición la estimación está basada en el periodo necesario que cada especie representativa necesita para desarrollarse a su forma adulta y que son colectados en la escena del crimen; esto mostrará un periodo de desarrollo que se utilizará para manifestar el IPM. Se debe tener en cuenta que estas estimaciones se hacen con las moscas que son descubiertas en el cuerpo o en el lugar de exposición. Algunas veces estas estimaciones pueden ser engañosas, y deben ser evaluados cuidadosamente para estimar el IPM, especialmente en escenas de ambientes o contenedores cerrados, o donde las condiciones climáticas son extremas. En segundo lugar, se utiliza para determinar el IPM en cuerpos que presentan estados avanzados de descomposición. La estimación del IPM en estos casos se basa en la composición de la comunidad de artrópodos y como

ello se relaciona con los diseños sucesionales esperados (Pancorbo, 2006). En el intervalo postmortem se pueden encontrar factores que intervienen de manera especial, como es el cadáver envuelto, en agua, sin ropa, colgado o en tierra, etc; esto produce un retraso en la colonización del cadáver, también los factores ambientales, parámetros físicos, químicos y biológicos pueden afectar la colonización del cadáver ya sea retardándola o aumentando su colonización, esta información también es importante para el intervalo postmortem.

Clasificación de la artropodofauna de importancia forense.

La siguiente clasificación está basada en Arnaldos (2005), Pancorbo (2006) y Catts & Goff (1992).

Necrófagos. Son especies que se alimentan del tejido del cadáver, éstas incluyen dípteros (como califóridos y sarcófagidos) y coleópteros (como sílfidos y derméstidos), la determinación de la edad o ciclo de vida de estos insectos por lo general es la base para realizar la estimación del intervalo postmortem.

Depredadores (necrófilas) y parasitoides. Según Smith (1986) este grupo de artrópodos representa el segundo lugar de importancia después de los necrófagos, en esta categoría se presentan coleópteros como sílfidos, estafilínidos, histéridos y dípteros (califóridos), e himenópteros que parasitan moscas inmaduras, también se puede notar que algunas larvas se convierten en depredadoras durante su estadio larval tardío, existe variedad de ácaros como macrochelidos, parasítidos, parholaspides y uropodíes también son pertenecientes a la categoría de depredadores de otros ácaros, insectos y nematodos.

Omnívoros. Especies como hormigas, avispas y algunos escarabajos, se alimentan tanto del cadáver como de la fauna asociada. Las grandes poblaciones de estas especies pueden retrasar la descomposición del cadáver por la disminución de poblaciones de especies necrófagas.

Accidentales (Incidentales). Éstas utilizan el cadáver como recurso concentrado de su hábitat normal, colémbolos, arañas, ciempiés, cretáceos isópodos terrestres y algunos ácaros como acaridae, lardoglyphidae, winterschmidtidae que son pertenecientes a este grupo.

Criptozoicos (oportunistas). Esta categoría son para los insectos que se refugian en, sobre o debajo del cadáver se clasifican como criptozoicos, no se conoce a cerca de su aportación de información útil (Keh, 1985; Catts & Goff, 1992; Arnaldos, 2006).

Órdenes de importancia forense.

Los autores como Byrd & Castner (2001), Wolff *et al.* (2001), Aballay (2008) y Wang (2017), mencionan que los órdenes de insectos de mayor importancia forense lo representan, los dípteros y coleópteros también, aunque están presentes otros artrópodos de importancia forense.

El orden Diptera está constituido por aproximada 150,000 especies conocidas, se sitúan entre los cuatro órdenes con mayor número de especies de todos los seres vivos. Entre las familias de dípteros con importancia en la entomología forense son Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Piophilidae, Scatophagidae, Sepsidae, Sphaeroceridae, Stratiomyidae, Phoridae y Psicodidae (Byrd & Castner, 2001).

Los coleópteros desempeñan un papel muy importante en la descomposición especialmente en avanzadas etapas de descomposición, la importancia de la información en las últimas etapas de descomposición puede ser crucial en un homicidio, donde el cadáver puede encontrarse en etapas avanzadas de descomposición, esto puede indicarles a los peritos el tiempo entre la muerte y el hallazgo de un cadáver (Cordeiro, 2012). Las familias de coleopteros importantes en la entomología forense son las siguientes: Silphidae, Dermestidae, Staphylinidae, Histeridae, Cleridae, Trogidae, Scarabaeidae, Nitidulidae, Anthicidae y Tenebrionidae (Smith, 1986; Byrd & Castner 2001; Wang 2017; Cordeiro, 2012; Zhou *et al.* 2016; Nava *et al.*, 2015; Castillo, 2001).

Entre los himenópteros, los formícidos son una parte importante en la entomología forense, tanto por depredar larvas y huevos de dípteros, como por los daños que puedan realizarle al cadáver, en algunas ocasiones pueden desfigurar al cadáver y hacer parecer que son marcas de tortura (Arnaldos, 2006).

Con respecto a los ácaros, es sabido que los éstos se encuentran relacionados en diferentes fases de descomposición de reducción cadavérica, incluidos estado fresco, tanto en seres humanos como en otros seres vivos y que aportan información relevante para relacionar un crimen con el sospechoso (Solaña *et al.*, 2015).

También los insectos acuáticos tienen importancia forense. En los cuerpos sumergidos la fauna encontrada es muy diferente a la que comúnmente colonizan los cuerpos terrestres. Cuando el cuerpo flota, las partes expuestas pueden ser colonizado por moscas, esto varía entre agua salada y agua dulce. Entre ocho de los 13 órdenes de insectos que contienen especies con estados acuáticos o semiacuáticos, están

probablemente asociados con cuerpos en descomposición en hábitats acuáticos (Guamangallo *et al.*, 2012).

Importancia de una colección de entomofauna cadavérica

La identificación adecuada de las especies de insectos y artrópodos de importancia forense es el elemento más crucial en el campo de la entomología forense. La identificación del ejemplar es el que nos proporciona información de la distribución, de su ciclo de vida, entre otra información; estos datos ayudan a una investigación. Si la determinación de la especie es incorrecta el intervalo postmortem será erróneo (Byrd & Castner, 2001).

Una colección entomológica son archivos históricos naturales de un país o región, en la cual la preservación de los especímenes y su información son la base para estudios taxonómicos, ecológicos, filogenéticos y biogeográficos, éstos aportan información tanto pasada como actual y de esta forma se conoce no sólo sobre el insecto, también sobre la región geográfica donde fue hallado. Éstas son consideradas como el depósito de la biodiversidad, riqueza y abundancia de especies. En la entomología forense las colecciones entomológicas de cada región son de mucha ayuda para tener una idea de la biología y región geográfica donde se localiza el espécimen y este dar información valiosa, así como el cotejar especímenes en estudios futuros o investigaciones futuras y poder esclarecer de manera contundente.

Otras aplicaciones de la entomología forense.

La Toxicología Forense es la rama de la Toxicología que analiza y establece las causas de la muerte de un individuo con propósitos médico-legales, en incidentes en los cuales se sospecha de un crimen o de un suicidio. Al respecto, cuando se encuentran cadáveres momificados o cuerpos en avanzado estado de descomposición, las muestras tradicionales (sangre y orina) usualmente no están disponibles para identificar xenobióticos. En estos casos, la evidencia entomológica puede representar una fuente de información toxicológica muy útil para determinar el tiempo transcurrido desde que un individuo murió hasta el momento en que se encontró el cadáver; además, puede auxiliar en la determinación de la causa de la muerte con poca interferencia por la descomposición del cadáver (Haydee *et al.*, 2009; Gómez, 2015; Wolff *et al.*, 2006). La entomología molecular es una herramienta utilizada cuando no es imposible establecer morfológicamente la especie de dípteros en fase de huevo o pupa, por lo que muchas veces es necesario esperar a la emergencia del adulto para proceder a la determinación taxonómica. Y esto puede demorar más tiempo de lo que se otorga a un investigador para la solución de un caso forense. Aunado a esto, es complicada la identificación taxonómica por diversos factores como la similitud que existe, especímenes dañados, ligeras diferencias de estadios inmaduros como larvas, huevos, ausencia de larvas para criar, puparios vacías, larvas muertas y necrosadas; que en muchos de los casos es el único material de recolección disponible (Pancorbo *et al.*, 2006; Thyssen *et al.*, 2005; Nava *et al.*, 2008; Sharma *et al.*, 2015; Meiklejohn *et al.*, 2011; Boehme, 2012; Amendt, 2011). Para ayudar a la identificación se han utilizado otros procedimientos como el análisis molecular. Los primeros análisis moleculares iniciaron con la separación de

hemoglobina o ácidos grasos, pero estas técnicas no resultaron eficientes en la separación entre especies próximas, principalmente en etapas de pre-imago. Por lo anterior, se han buscado otras alternativas más sensibles y rápidas. La identificación molecular de las especies que intervienen en la etapa postmortem, ha mejorado utilizando el análisis de la variación genética del ADN (Pérez *et al.*, 2013; Pancorbo *et al.*, 2006). La información de la molécula de ADN presenta inmutabilidad en todas las fases del ciclo de vida de los insectos. Las técnicas basadas en el análisis del ADN y ADN mitocondrial en particular presentan ventajas sobre la identificación morfológica, sobre todo cuando los especímenes están dañados o carecen de las características necesarias para la determinación taxonómica con morfológica (Boehme *et al.*, 2010). El ADN proporciona una gran cantidad de información referente a la variabilidad intra e interespecífica. Con este proceso resulta sencillo y es en menos tiempo. El análisis molecular puede también proporcionar información taxonómica de la entomofauna, y puede ser de interés en casos de sospecha de contaminación larvaria, ya que el ADN recuperado del intestino de las larvas puede ser usado para identificar lo que éstas habían comido; así, es posible confirmar o descartar que las larvas procedan del cuerpo (Pancorbo *et al.*, 2006). Con el paso del tiempo las técnicas de identificación de moscas de importancia forense utilizan con mayor frecuencia el ADN mitocondrial como el gen mitocondrial COI (Boehme *et al.*, 2010; Solano *et al.*, 2013).

LITERATURA CITADA

- Aballay, F. H., Albérico F. M., Juan C. A. & Néstor, C. 2008. Primer registro de artropodofauna cadavérica en sustratos humanos y animales en San Juan, Argentina Nota científica. Rev. Soc. Entomol. Argent., 67(3-4): 157-163.
- Arnaldos, M. I., Catarina, P. E Castro., Juan, J. P., Elena, L. G. & María, D. G. 2006. Importancia de los estudios regionales de fauna sarcosaprófaga a la práctica forense. Ciencia Forense, 8: 63-82.
- Amendt, J., Carlo. P. Campobasso, M. Lee. Goff & M. Grassberger. 2010. Current Concepts in Forensic Entomology. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. 369 p.
- Amendt, J., C. S. Richards., C.P. Campobasso., R. Zehner & M. J. R. Hall. 2011. Forensic entomology: applications and limitations. Forensic Sci. Med. Pathol., 7:379-392.
- Beltran, Alfonso C.P. & Villa Navarro, F.A. 2011. Sucesión de insectos en cadáveres de ratas Wistar (*Muridae: Rattus norvegicus*) (Berkenhout, 1769) en Bosque húmedo Premontano. Revista Tumbaga, Ibagué, Ciencias Biológicas, 6: 93-105.
- Byrd, Jason, H. & Castner James, L. 2001. Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in legal Investigations. CRC Press. USA. 418 p.
- Boehme, P., Amendt, J. & Disney, R. H. L. 2010. Molecular identification of carrion-breeding scuttle flies (Diptera: Phoridae) using COI barcodes. Int. J. Legal Med., 124: 577–581.
- Catts, E. P. & Goff, M. L. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. Annual Review of Entomology, 37: 253-72.
- Corona, Pacheco C. 2008. El estado de arte de la entomología forense en México a diferencia de otros países de Latinoamérica. Proyecto de Memoria de Titulación. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 1-31.
- Castillo, M. M. 2001. Artrópodos presentes en carroña de cerdos en la comarca de la litera (Huesca). Bol. S.E.A., nº 28, 133-140.
- Cordeiro, da Silva R. & W. E. dos Santos. 2012. Fauna de Coleoptera asociada a carcaças de coelhos expostas em uma área urbana no sul do Brasil. EntomoBrasilis, 5 (3): 185-189.
- Early, M. & Goff L. 1986. Arthropods succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu Hawaiian Islands. Journal Medical Entomology, 23: 520-531.
- Flores, P. L. R. 2009. Sucesión de Entomofauna cadavérica utilizando como biomodelo cerdo blanco (*Sus scrofa L.*). Tesis de Doctorado en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco. Edo. de México. 93 p.
- Garcés, P. A., E. Lasso. & Vera Varela. 2017. Detección De levamisol en larvas de moscas necrófagas de importancia médico legal. Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios, 4(2): 71-88.

- Calabuig, Gisbert J. A. & E. Villanueva Cañadas. 2004. Medicina legal y toxicológica. 6ta edición. Editorial Massón, Barcelona. 1416 p.
- González, Hernández, A. L., J.L. Navarrete-Heredia., G.A. Quiroz-Rocha. & J.B. López-Caro. 2013. Coleópteros (Scarabaeidae, Trogidae y Silphidae) asociados a un cadáver de lechón *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758) en el bosque los Colomos, Guadalajara, Jalisco. Acta Zoológica Mexicana (N.S.), 29(1): 252-25.
- Grandini, González, J., C. Carriedo Rico., M. del C. Gómez García., R. Muñiz Garibay., H. Nicolini Sánchez F. E. Takajashi Medina & J. A. Becerill G. 2014. Medicina forense. 3ra edición. Editorial, el manual moderno, México, D.F. 265 p.
- Goff, M. L. 2009. Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. Exp. Appl. Acarol., 49: 21–36.
- Gennard, D. E. 2007. Forensic entomology, an introduction. England. Ed. Willey. 248 p.
- Guamangallo, Calles, M. A. y W. H., Ibufes Guerra. 2012. Tanatocronodiagnóstico en Quito y el Valle de Tumbaco de acuerdo a la fase evolutiva de la entomofauna en cerdos *Sus scrofa*. Trabajo de tesis para optar por el grado de especialista en Medicina Legal. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Médicas. Escuela de Medicina. Instituto Superior de Postgrado.
- Gómez, Camacho, M., C. A., Beltrán Gómez & E. de la Cruz Montoya. 2015. Análisis de sustancias tóxicas en la sucesión de insectos de importancia forense, recolectados en una pierna de cerdo aplicándole carbofuran. Revista de investigaciones, 4(2): 74-87.
- Ibargoyen, G. S. 2002. Cambios post-mortem generales. Guía de estudio. Patología veterinaria. Universidad Nacional de Rosario. Pp. 63.
- Keh, B. 1985. Scope and applications of Forensic Entomology. Annual Reviews Entomology, 30:137-154.
- Latorre, Cortes L. 2010. Relación de la entomofauna asociada a la descomposición de cuerpos de cerdo con el tiempo de sumersión *posmortem* (ispm) en un ecosistema léntico de la sabana de Bogotá. Tesis para optar al título de Magíster en Ciencias, en Biología- Línea Ecología. Universidad nacional de Colombia facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D.C. Pp. 9-81.
- Magaña, C. 2001. La entomología forense y su aplicación a la medicina legal, Data de la muerte. Aracnet 7. -Bol. S.E.A., 28: 49-57.
- Martínez, R. H., J. F. Jaramillo., J. Escoto, R., M. L. Rodríguez, V., F. A. Posadas, R., I. E. Medina, R. 2009. Estudio comparativo preliminar de la sucesión de insectos necrófagos en *Sus scrofa* intoxicado con paratión metílico, en tres periodos estacionales. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 40(3): 5-10.
- Mavárez, C. M., Espina de F. A., Barrios, F. F., & Ferreira, P. J. 2005. La Entomología Forense y el Neotrópico. Cuadernos de Medicina Forense, 11(39): 23-33.

- Meiklejohn, K. A., J. F. Wallman. & M. Dowton. 2011. DNA-based identification of forensically important Australian Sarcophagidae (Diptera). *International Journal of Legal Medicine*, 125: 27–32.
- Molina, C. H. A. 2009. Conformación del laboratorio de Entomología forense en la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal (pgjdf). Reporte de trabajo profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ciencias. <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/handle/11154/13971923>, Consultado en línea agosto 2018:
- Moura, M. O., E. L. de Araújo Monteiro-Filho & C. J. Barros de Carvalho. 2005. Heterotrophic Succession in Carrion Arthropod Assemblages. *Brazilian archives of Biology and Technology*, 48(3): 477-486.
- Murrugarra, Bringas V. I. 2016. Sucesión de artropofauna en cadáveres de cerdos (*Sus scrofa* L., 1758), en Pantanos de Villa, Chorrillos, Lima, Perú. Para optar el grado académico de magister en zoología con mención en ecología y conservación. Universidad Nacional mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biologicas, Unidad de Posgrado.
- McKnight, B. E. 1981. *The Washing Away of Wrongs: Forensic Medicine in Thirteenth-Century China*. The University of Michigan Center for Chinese Studies, Ann Arbor. 181 p.
- Nava, Hernández, M., J.C. Avelino Romero., H. Molina-Chávez., J. Luy- Quijada. & F. Arana-Magallón. 2015. Coleópteros asociados a la descomposición de materia orgánica animal en un área de la zona lacustre Xochimilco, México D.F. *Entomología Mexicana*, Vol. 2: 498-504.
- Nava, H. M., A. Basurto-Pineda., H. A. Molina-Chávez., J. A. Luy- Quijada., S. I. Gutiérrez-R., N. E. Galindo-Miranda. 2008. Determinación de ADN humano en larvas de dípteros colectadas en distintos tejidos. *Entomología Mexicana* 6.
- Olaya Másmela, L. A. 2001. Entomofauna sucesional en el cadáver de un cánido en condiciones de campo en la Universidad del Valle (Cali-Colombia). *Cuadernos de Medicina Forense* N° 23.
- Ordoñez, A. 2003. Plano y Axonometría de la trampa tipo Schoenly y modificada. Universidad Javeriana. Bogotá. 50 p.
- Pancorbo, de M. M., Ramos, R., Saloña, M. & Sánchez, P. 2006. *Entomología Molecular Forense*. *Ciencia Forense*, 8: 107–130.
- Pachar, Lucio J. V. 2011. *Medicina legal y forense*. Imprenta Articsa. 360 p.
- Peréz, Pérez R. M. 2016. *Fundamentos de la medicina forense*. Editorial UOC, Barcelona. 246 p.
- Pérez, Pérez J. & D. Carvajal Henao. 2013. Código de barras genético para la identificación de dípteros de importancia forense. *Revista Facultad de ciencias forenses y de la salud*. Colombia, 9: 51-66.

- Payne, J. A. 1965. A summer Carrion Study of the Baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecological Society of America*, 46(5): 502-602.
- Rivers, B. D & G. A. Dahlem. 2014. *The science of forensic entomology*. Editorial: Garsington Road, Oxford. 402 p.
- Sakuma, C. E. 2005. Caracterización de Entomofauna cadavérica y tiempo de desarrollo larvario en la localidad de Mecapaca. Tesis de Magister Scientiarum. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Pp. 1–90.
- Smith, K. G. V. 1986. *A manual of Forensic Entomology*. British Museum Natural History London. 207 pp.
- Solaña-Bordas M. I. & M.A. Perotti. 2015. Acarología forense. *Ciencia Forense*, 12: 91–112.
- Sharma M., D. Singh & A. K. Sharma. 2015. Mitochondrial DNA based identification of forensically important indian flesh flies (Diptera: Sarcophagidae). *Forensic Science International*, 247: 1-6.
- Solano, J. J., Wolff, M. & Castro, L. 2013. Identificación molecular de califóridos (Diptera : Calliphoridae) de importancia forense en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39 (2): 281-290.
- Torrez, J. & Zimman, S. 2006. Entomología Forense. *Revista del hospital*. J. Ramos Mejía. Edición Electrónica, 11(1): 1-22 http://www.produccion-animal.com.ar/veterinaria_forense/35-entomologia.pdf
- Thyssen, P. J., A. C. Lessinger., A. M. L. Azeredo-Espin & A. X. Linhares. 2005. The Value of PCR-RFLP Molecular Markers for the Differentiation of Immature Stages of Two Necrophagous Flies (Diptera: Calliphoridae) of Potential Forensic Importance. *Neotropical Entomology*, 34(5): 777-783.
- Velasquez, A. K. R. 2015. Necesidad de la aplicación de la entomología forense, como herramienta para establecer la muerte de una persona en Guatemala. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, licenciatura en investigación criminal y forense (pfs). campus "San Roque González de Santa Cruz, s. j." de Huehuetenango.
- Villegas, M. J. M., Karla. V. S. & José A. R. C. 2013. Entomología Forense en el Norte de Tamaulipas, presente y futuro. Universidad Autónoma de Tamaulipas. *Revista electrónica criminociencia*. Vol. 1. criminociencia.es.tl.
- Vargas, Alvarado E. 1999. *Medicina legal*. Editorial, Trillas, México. 217 pp.
- Wolff M., Y. Zapata., G. Morales & M. Benecke. 2006. Detección y cuantificación de Propoxur en la sucesión de insectos de importancia médico-legal. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2): 159-164.
- Wolff, M. A. Uribe., A. Ortiz y P. Duque. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International* 53-59.

- Wang, Yu, Meng-yun, M., Xin-yu, J., Jiang-feng, W., Liang-liang, Li., Xiao-jun, Y., Min, W., Yue, L. & Lu-yang T. 2017. Insect succession on remains of human and animals in Shenzhen, China. *Forensic Science International*, 217: 75-86
- Zhou Lyu., Li-hua Wan, Yong-qiang Yang, Rui Tang & Lyu-zi Xu. 2016. A checklist of beetles (Insecta: coleopteran) on pig carcasses in the suburban area of southwestern China: A preliminary study and its forensic relevance. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 41: 42-48.

CAPITULO II.

ESTUDIO DE ENTOMOFAUNA DE DIPTERA Y COLEOPTERA ASOCIADA A CADÁVERES DE CERDO (*Sus scrofa domestica* L.) EN UN ÁREA RURAL DEL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO.

1.1. RESUMEN

En los meses de noviembre y diciembre 2017 y enero 2018, se expuso un cadáver al sol directo de cerdo para el estudio de sucesión de coleópteros y dípteros de importancia forense que tienen relación directa con la descomposición de un cadáver. Se registraron cinco estados de descomposición los cuales son: fresco (F), hinchado (HN), descomposición activa (D.Ac), descomposición avanzada (D. Av) y restos secos (Rs). Se colectaron 4,082 ejemplares entre larvas y adultos de coleópteros y dípteros, distribuidos en 21 familias, 34 géneros, 21 especies. Recurriendo a un análisis estadístico no paramétrico descriptivo se establecieron asociaciones entre los estados de descomposición y los insectos estudiados. Con base a esa información se pudo observar con un análisis de ocurrencia cuales fueron las especies predominantes en los diferentes estados de descomposición; además, se pudo observar que la diversidad de dípteros y coleópteros varían en el tiempo. Los dípteros de las familias Calliphoridae (*Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria*), Muscidae (*Hydrotaea aenescens* y *Musca domestica*), Sarcophagidae (*Blaexosipha* sp. y *Lepidodexia* sp.), Stratiomyidae (*Hermetia* sp.) y Piophilidae (*Piophila* sp.) fueron los dípteros que mejor representaron en la sucesión. En los coleópteros las familias que mejor se representaron durante la sucesión fueron: Scarabaeidae, Histeridae, Cleridae, Staphylinidae, Trogidae, Curculionidae y Dermestidae. Estas especies y familias son de importancia forense y pueden ser utilizados en casos forenses.

**STUDY OF DIPTERA AND COLEOPTERA ENTOMOFAUNA ASSOCIATED TO THE
WHITE PIG (*Sus Scrofa domestica* L.) CARCASS IN A RURAL AREA OF THE
STATE OF YUCATÁN, MEXICO**

1.2. ABSTRACT

In the months of November and December of 2017, and January of 2018, a carcass was exposed to the direct sun, in order to study the succession of coleoptera and diptera of forensic importance that have a direct relationship with the decomposition of a corpse. Five decomposition states were recognized: fresh (F), swollen (HN), active decomposition (D.Ac), advanced decomposition (D. Av), and dry residues (Rs). A total of 4,082 specimens among larvae and adults of Coleoptera and Diptera were collected, those distributed in 21 families, 34 genera, 21 species. Using a descriptive statistical analysis, we established associations between decomposition states and the insects studied. Based on this information, it was possible to observe an analysis of the occurrence of the predominant species in the different decomposition states. The diversity of Diptera and Coleoptera were observed over the time. The following dipteran families: Calliphoridae (*Chrysomya rufifacies* and *Cochliomyia macellaria*), Muscidae (*Hydrotaea aenescens* and *Musca domestica*), Sarcophagidae, (*Blaexosipha* sp. and *Lepidodexia* sp.) Stratiomyidae (*Hermetia* sp.), and Piophilidae (*Piophila* sp.), were those that best represented the carcass succession. In coleoptera, the families that best represented the carcass succession were the next: Scarabaeidae, Histeridae. Cleridae, Staphylinidae, Trogidae, Curculionidae, Dermestidae. These species and families are important of the forensic point of view, also those can be used in forensic cases.

1.3. INTRODUCCIÓN

La entomología médico legal es una herramienta de las ciencias forenses donde se lleva a cabo el estudio de los insectos asociados a cadáveres. Esta ciencia aporta información a los peritos forenses, en los casos en que un cadáver ha sido trasladado de un sitio a otro, si sufrió abuso o negligencia. Principalmente los insectos son utilizados como indicadores del tiempo de la muerte (Keh, 1985).

Para interpretar una escena del crimen es importante saber que insectos infestan el cuerpo y algo acerca de sus hábitos y requerimientos ambientales, la zona geográfica donde se encuentran, la época del año, entre otras variables. Por lo general los dípteros son los primeros en arribar al cadáver, seguido de los coleópteros, los cuales estarán compartiendo un nicho (Gennard, 2007), además de que éstos pueden tener diferentes roles ecológicos (Keh, 1985). La determinación del tiempo de muerte es uno de los aportes en las investigaciones para establecer la culpabilidad o inocencia del sospechoso o para identificar a la víctima (Byrd & Castner, 2001).

Existen numerosas variables que pueden alterar el establecimiento del intervalo postmortem (IPM), como son las condiciones meteorológicas, temperatura, humedad que incide en la tasa de desarrollo de los insectos, tipo de sustrato, lugar y condiciones en las que se halla el cadáver, relaciones intra e interespecífica de la fauna cadavérica y el grado de conocimiento de la taxonomía de las especies y su biología.

Las estimaciones pueden ser de cadáveres recientes y las especies o insectos que se estudian son los dípteros, en especial los califóridos, sarcófágidos y múscidos que se encuentran en estado larval. El intervalo postmortem, en este caso se basa en la tasa de desarrollo. En los cadáveres hallados tiempo después se estudia el aumento del número

de especies, no sólo de dípteros, sino también de coleópteros, los puparios vacíos y el número de éstos y mudas encontradas.

En estudios de entomología forense normalmente no se utilizan cadáveres humanos, esto ha sido cuestionado en casos judiciales en el momento de extrapolar la información en cadáveres humanos, los diferentes animales que han sido utilizados han sido: gatos, perros (Olaya, 2001), ratas (Beltran, 2011; Salazar, 2006), aves (Sanford, 2015), cerdos (Schoenly, 2006; Remedios, 2017; Castillo, 2001; Scampini *et al.*, 2002; Sánchez *et al.*, 2014; Gines, 2015) conejos (Sarmiento, 2014) e incluso elefantes (Coe, 1978). El modelo animal debe aproximarse al patrón de descomposición del cadáver humano; es así que el cerdo domestico ha sido el animal más aceptable como modelo de estudio, ya que no suscita objeciones públicas. Sin embargo, se debe sacrificar con base a ciertas normas (Catts & Goff, 1992).

Como se había mencionado anteriormente, la entomología forense en México es escasa, y dado que México es rico en diversidad y variabilidad de climas es importante generar información. Actualmente para el estado de Yucatán existe un solo estudio conocido y no publicado que se llevó a cabo en 2013. En el presente trabajo se estudian a los insectos más importantes, entre ellos los dípteros y coleópteros, durante los meses de noviembre-diciembre-enero (2017-2018) y su relación entre los estados de descomposición de un cerdo desnudo y colocado a la intemperie.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó en la quinta agrícola denominada “Chu” ubicada en la comisaria Chenche de las Torres perteneciente al municipio de Temax en el estado de Yucatán, la cual se encuentra localizada en las coordenadas 21° 09' 0.2" latitud y 88° 57' 21" longitud a 7 metros sobre el nivel del mar, en el kilómetro 15 de la carretera Cansahcab-Temax y a 70 kilómetros de la ciudad de Mérida (Figura 1). Anteriormente el lugar había sido una zona henequenera, ahora algunos habitantes practican agricultura y ganadería como fuente de alimentación y sustento económico, a baja escala. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, presentando una temperatura media anual de 26.5°C. El suelo con piso rocoso o cementado, alto, escarpado y complejo, por lo que es difícil de cavar, la vegetación está clasificada como selva baja caducifolia con vegetación secundaria semiconservada, la población del lugar es de 299 habitantes (INEGI, 2010).

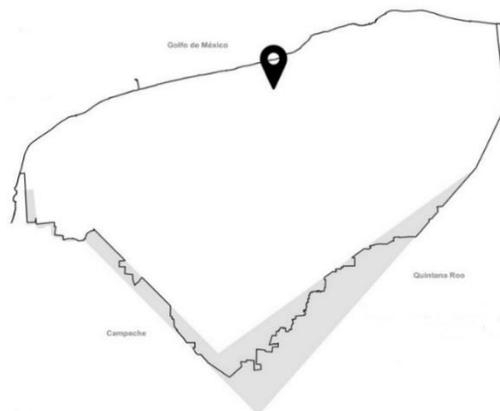


Figura 1. Lugar de estudio. Chenché de las Torres, Temax, Yucatán (INEGI, 2010).

Los árboles predominantes en esta zona son las fabáceae: *Psicidia piscipula* L. conocida como el Jabín en maya (Habín), *Delonix regia* Bojer ex Hook, conocido como flamboyán; así como *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) conocido como guácimo en maya (Pixoy) y *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (Burseraceae) conocido en maya como Chaká.

1.4.2. Fechas de estudio.

La investigación se llevó a cabo del 5 de noviembre de 2017 al 5 de enero 2018.

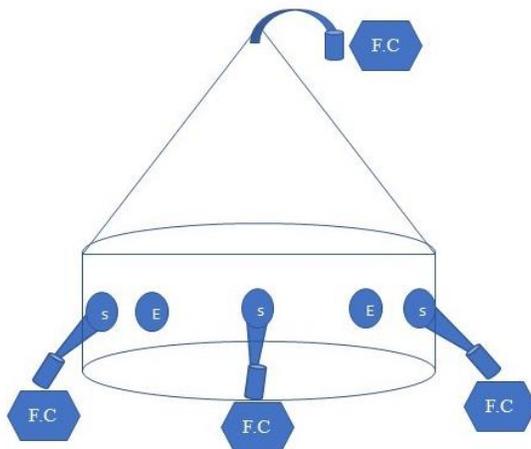
1.4.3. Establecimiento del lugar de estudio.

El estudio comprendió los meses de noviembre, diciembre, 2017 y enero 2018 como. El ejemplar requerido para dicho estudio fue un cerdo que fue obtenido en Temax Yucatán. Posteriormente fueron trasladados en transporte oficial a Chenché de las Torres a 10 minutos de Temax, se colocaron de manera lateral en la jaula tipo Schoenly, la trampa se localizaba en un claro encontrando árboles conocidos como, Jabín (*Psicidia piscipula* L.), Guacimo o pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Las colectas estuvieron regidas por las condiciones climáticas del lugar, la fauna asociada al cadáver y la época del año.

1.4.4. Construcción de la jaula/ trampa.

La trampa/jaula estaba diseñada para proteger al cadáver de carroñeros y pequeños mamíferos presentes en esta zona de Yucatán (Figura 2), así como para la captura de insectos, esta trampa fue basada en los planos de Prado *et al.* (2009). La jaula tiene la forma dodecaedrica y sus medidas son 120cm x 120 cm x 120cm, la trampa cuenta con

una base y una tapa, está construida con esqueleto de metal, forrada en la base de malla de gallinero y la tapa forrada de mosquitero de metal o aluminio, la tapa era movible para poder hacer capturas dentro de la trampa. Constaba de 17 orificios, uno en la tapa o parte superior donde estaba colocado un frasco de 500 mililitros, otros cuatro eran orificios de salida donde se encontraban colocados frascos de 500 ml, cuatro más que eran de entrada conectados directamente a frascos de 500 ml por debajo de la trampa (Figura 3). Esta trampa fue propuesta por Schoenly (1981) y posteriormente modificada por Ordoñez (2003); su eficiencia como trampa fue probada por Ordoñez (2008).



Fotografía: Patricia C. Campos Granados 2017.

Figura 2. Jaula/trampa. E: entrada, S: salida, F.C: frasco colector.

1.4.5. Modelo animal.

Existe una infinidad de individuos que pueden ser útiles como modelo biológico, Goff (1993) y Catts & Goff (1992) señalan a la especie porcina como la más adecuada en el campo de la entomología forense para la realización de estudios comparativos, pues los resultados pueden ser extrapolados a la especie humana. La porcina es una especie con patrones fisiológicos de descomposición parecidos a la humana; además, es fácil obtener muestras por su bajo coste económico y su sacrificio no presenta problemas especiales

de naturaleza ética en la sociedad. El peso adecuado de los cerdos según los autores citados es entre 22- 23 kg. (Haydee *et al.*, 2009; Perezgasga *et al.*, 2010; Catts & Goff, 1992). Se utilizó un cerdo blanco completo (*Sus scrofa*) de 20 kilogramos, cuando existe una pequeña diferencia entre peso no existe variaciones en la descomposición. El ejemplar se colocó y permaneció en el lugar lo largo de todo estudio, hasta alcanzar el estado de restos secos o remanentes; en esta etapa los tiempos de muestreo se espaciaron. Se registraron los datos de edad, peso, talla, raza, temperatura corporal, estado de salud. El sacrificio humanitario del cerdo se llevó a cabo con una descarga eléctrica y se apegó a la Norma Oficial Mexicana- 033 ZOO 1995, Norma Oficial Mexicana- 033/ZOO 2014.

1.4.6. Muestreo.

No existe una metodología establecida en esta herramienta forense, ya que cada lugar geográfico tiene diferentes procesos en como ocurre la descomposición cadavérica. Sin embargo, se tomó como referencia a Infante (2003) y García (2004); de tal manera que se realizaron muestreos con un horario cubría todo el día.



Fotografía: Patricia C. Campos Granados 2017.

Figura 3. Trampa/ jaula tipo Schoenly para proteger el cuerpo y para la captura de insectos de importancia forense.

Las colectas se llevaron a cabo tres veces al día de 6:00-8:00 am, 13:00-15:00 pm y de 17:00-19:00 pm los primeros 20 días, posteriormente se realizaron capturas de 09:00-11:00 horas a 11:00 horas. Aunque, después de colocado el cadáver se realizó una observación de 24 horas continuas, ya que esta zona no ha sido estudiada con respecto a una descomposición cadavérica; por lo que se realizaron visitas cada 4 horas hasta completar las 24 horas. Y se observó si ocurrían o no cambios desde la hora cero, en el cual se pudo observar que el cadáver tuvo cambios internos, como la mancha verde abdominal, que es característico del inicio de una descomposición. Al igual que lo menciona Flores (2009), se espació el tiempo del muestreo, ya que la muerte de un ser vivo lleva cambios y transformaciones que hacen del cuerpo un ecosistema dinámico y único; por este motivo el tiempo que dura la colecta dependerá de la velocidad con la que se descompone el cadáver.

En las colectas en situ se capturaban tanto larvas como insectos adultos del orden coleóptera y díptera los cuales fueron sacrificados y conservados en alcohol al 70% (Figura 4). Las larvas de dípteros primeramente se sacrificaron en agua a 90°C por 2 minutos, posteriormente se colocaron en alcohol al 70% (García, 2004; Byrd & Castner, 2001) cada frasco fue etiquetado con fecha, hora, lugar del cuerpo donde se tomó la muestra y estado de descomposición.

Los adultos y larvas se colectaron de forma manual y de los frascos colectores, los cuales se encontraban adaptados a la trampa, también se utilizó una pala jardinera y pinzas entomológicas. Las colectas de los insectos se realizaban dentro de la trampa con pinzas entomológicas modelo TWE6 para adultos de recién emergencia y para algunos insectos

de cuerpo blando, también se utilizó pinceles del número 000 para los barridos encima del cadáver.

Con el fin de obtener adultos, algunas larvas de dípteros fueron colocadas en recipientes con una pequeña porción de hígado de cerdo aproximadamente 100 gramos y sustrato tomado del mismo lugar donde se encontraba el experimento, para reducir la humedad en los frascos y asegurar la cría de las larvas de dípteros, se le colocó viruta. También se colectaron pupas, que se encontraban alrededor de la trampa, debajo del cadáver y en un radio de 1 a 2 metros de la trampa, a una profundidad de entre 5 a 20 cm. Se realizó toma de fotografías antes y después de cada colecta, toma de video por la mañana y por la noche. También se observó las fases de descomposición que se presentaban en el cadáver en cada período, esto para poder relacionarlos con el desarrollo o sucesión de insectos. La precipitación, humedad relativa y temperatura se obtuvo de una estación meteorológica automática, el modelo que se utilizó fue WH2081. La colecta e identificación se basó en dípteros y coleópteros de importancia forense, ya que son los más empleados para el cálculo del intervalo postmortem (IPM). Para la identificación se utilizaron las claves de Whitworth (2006), McAlpine *et al.* (1987), Borror *et al.* (2005), Dear (1985), Amat (2009), Whitworth (2010, 2014), Brown (2010), Carvalho (2002, 2008); Couri (2007) y; Patutucci (2010).

Se colectó tanto larvas y adultos, de los cuales, solo se identificaron los adultos de dípteros y coleópteros. Posterior a la colecta se realizaron conteos de los dos grupos. Con la ayuda de un experto en coleópteros se logró determinar los géneros y especies de estos, en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco. Los dípteros fueron identificados con la ayuda de especialistas en la Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro, unidad Laguna. En donde se llevo a cabo la preparación, montaje e identificación de los dípteros. Algunos especímenes estarán en reserva en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (Colpos), en la Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y en el Centro de Investigación Dr. Hideyo Noguchi.

1.4.7. Análisis estadístico.

Se recurrió a un análisis de correspondencia, que es una técnica descriptiva de análisis multivariado, el cual produce un ordenamiento simultáneo, en este caso de especies y estados de descomposición; técnica empleada para estudios similares que ha sido utilizada por Aballay (2017), Flores (2009) y Beltran (2011). Para esto se utilizó el programa estadístico R y se recurrió a una matriz de ocurrencia. Las correlaciones de Pearson establecieron asociaciones entre temperatura y humedad que indicaron el nivel en el que se se encontraron asociadas estas variables con las etapas de descomposición y las especies; también se crearon graficas de abundancia y riqueza de las especies presentes durante la descomposición del cadáver y la etapa de descomposición.



Fotografía: Patricia C. Campos Granados 2017.

Figura 4. Colocación de la trampa y colecta. A) Colocación del cerdo en la trampa. B) Colecta de huevos de díptero. C) Colecta de moscas. D) Colecta de larvas. E y F) Colecta de coleópteros. ES MEJOR PONER LETRAS PARA QUE NO SE CONFUNADAS CON OTRAS FIGURAS

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron los parámetros de temperatura, humedad relativa y precipitación de los meses del 5 noviembre 2017 al 5 de enero 2018, tiempo en el que se expuso el cadáver (Figura 5a,b). Durante este período la temperatura promedio fue 21.3 °C con una máxima de 36.8 °C en el mes de diciembre y una mínima de 10.1 °C en el mes de enero; la humedad relativa con 80.2% y con una máxima en el mes de noviembre de 99% y la mínima de 30% que se reporta en el mes de diciembre; la precipitación no tuvo gran impacto, sin embargo, en el mes de noviembre se registró la precipitación más alta con 29.4 mm y la más baja en el mes de enero con 0.6 mm. La temperatura, humedad relativa y precipitación influyeron considerablemente en la duración de los estados de descomposición, como lo menciona Mohr *et al.* (2014), así como la abundancia y diversidad de insectos presentes en la carroña. El factor más importante durante el tiempo de descomposición fue la humedad y temperatura que fueron óptimas para el desarrollo de bacterias y larvas de insectos, así como de hongos y esto a su vez favoreció a la putrefacción. La temperatura es dependiente de la descomposición como lo mencionó Mann *et al.* (1990). La búsqueda del cadáver, ubicación de la pareja, oviposición alimentación, pupación y emergencia de adultos se eleva con la temperatura en aumento, como se vio durante la exposición del cadáver en el estado de Yucatán, dado que la temperatura fue óptima para una descomposición rápida (Villet *et al.* 2010).

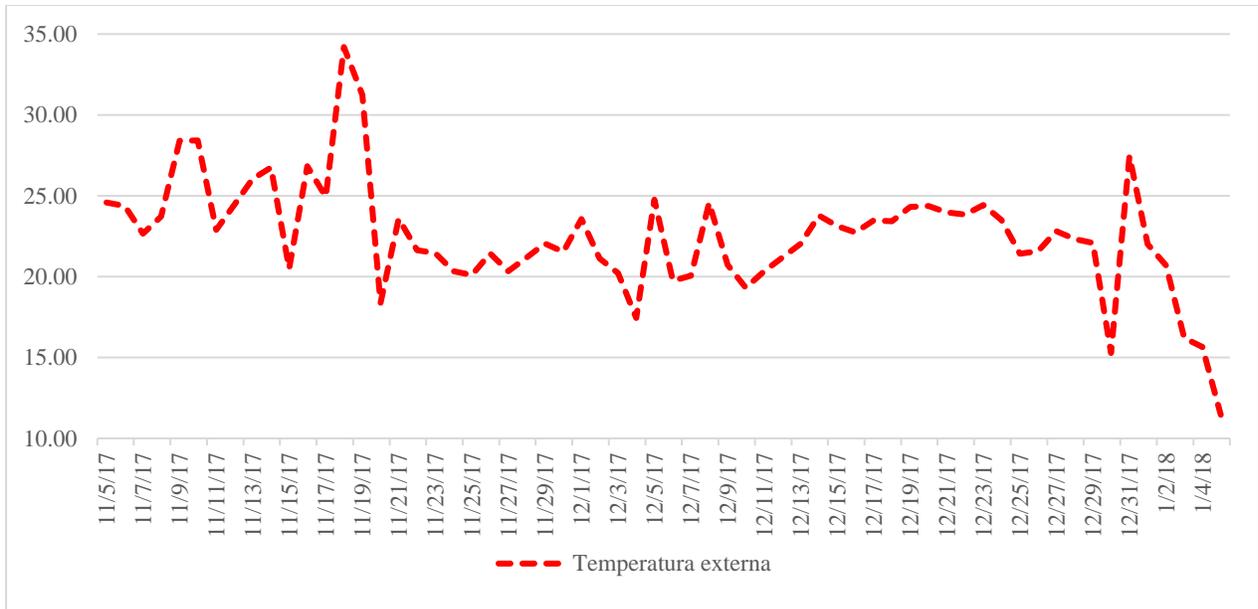


Figura 5a. Temperatura registrada en los meses de nov-diciembre-enero 2018.



Figura 5b. Evolución de la humedad externa a lo largo del horizonte de estudio

1.5.1. Duración de los estados de descomposición en los meses de estudio.

Durante el estudio se observaron cinco estados de descomposición cadavérica: fresco, hinchado, descomposición activa, descomposición avanzada y restos secos. La clasificación de dichos estados fue basada con los observados por Payne (1965), Catts & Goff (1992), Amendt *et al.* (2010) y Smith (1986). Estos estados de descomposición

pueden variar según el lugar geográfico y el espacio donde se localice el cadáver. Los estados de descomposición pueden ser diferenciados por las bases que se tiene en la medicina forense. El estado fresco duró 24 horas como menciona Gisbert (2004), hasta que el cadáver se nota hinchado, y esta fase duro 48 horas tal y como lo observó Murrugarra (2016) la cual fue fácil distinguir, ya que el cadáver se ve hinchado desde el abdomen hasta la cara y los ojos prominentes; el estado activo que duró 48 horas, etapa que también estudió Murrugarra (2016), y que está delimitado de los anteriores porque el cadáver ya no se ve hinchado, además la actividad larval y de insectos adultos sobre el cadáver es notoria. En el estado de descomposición avanzada, mismo que duró 48 horas, es un poco complicada de diferenciar su inicio; sin embargo, se nota una disminución considerable de la actividad larval y los adultos, aunque siguen presentes, pero en menor cantidad. Finalmente, el estado de restos secos tuvo una duración de 51 días (hasta el día 5 de enero 2018) (Figura 6), aqui se hace notoria la disminución tanto de dípteros como coleópteros, no se ve un grupo predominante en esta última fase; sin embargo, si pueden realizar observacionbes por debajo del cadáver por arañas, ácaros y coleópteros.

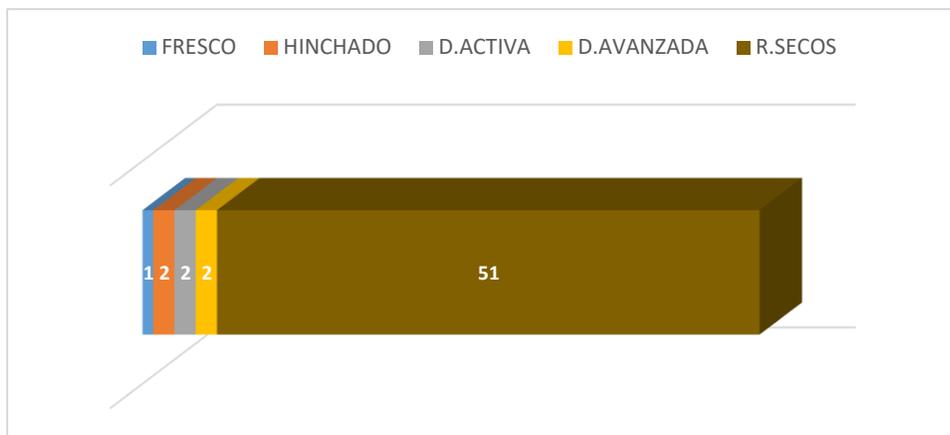


Figura 6. Duración de cada estado de descomposición (nov-dic 2017-ene 2018).

1.5.2. Entomofauna cadavérica

Se colectó un total de 4,082 ejemplares colectados entre larvas y adultos de coleópteros y dípteros, distribuidos en 21 familias, 34 géneros, 21 especies (Cuadro 1). Los dípteros con 3,399 (83.27%) especímenes fue el orden más abundante, en donde se distinguió la familia Calliphoridae con 656 ejemplares adultos (83.25%); por debajo de esta cifra se encontraron los Muscidae con 67 ejemplares adultos (8.50%), Piophilidae con 35 ejemplares adultos (4.44%), Stratiomyidae con 23 ejemplares adultos (2.92%) y Sarcophagidae con 7 ejemplares adultos (0.89%).

Los coleópteros estuvieron representados con 683 especímenes (16.73%); siendo los más abundantes los de la familia Histeridae con 107 ejemplares adultos (41.47%), seguido de Dermestidae con 69 ejemplares (26.74%), por debajo de esta cifra los Staphylinidae con 34 ejemplares (13.18%), Curculionidae con 26 ejemplares (10.08%), Scarabaeidae con 22 ejemplares (8.53%); en tanto que las siguientes familias estuvieron representadas por un número muy reducido: Cleridae, Laemophloeidae, Trogidae, Nitidulidae, Trogossitidae, Carabidae y Anthicidae.

Las larvas de dípteros fueron criadas en recipientes de plástico de 500 ml, cada frasco contenía; sustrato, viruta, e hígado (Figura 7). Después de la captura de las larvas en el tercer estadio se demoraron aproximadamente entre 6 a 7 días para la emergencia de los adultos. La temperatura dentro del lugar donde permanecieron fue entre 26 y 28° C. Datos muy similares fueron obtenidos por García (2012).

Cuadro 1. Entomofauna asociada a cadáveres de cerdo (*Sus scrofa domestica* L.)

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO/ESPECIE	
DIPTERA	Calliphoridae	<i>Chrysomya ruffifacies</i>	
		<i>Cochliomyia macellaria</i>	
		<i>Lucilia mexicana</i>	
		<i>Lucilia eximia</i>	
		<i>Hemilucilia segmentaria</i>	
		<i>Chloroprocta idioidea</i>	
		<i>Cochliomyia mínima</i>	
		Muscidae	<i>Musca domestica</i>
			<i>Hydrotaea aenescens</i>
		Piophilidae	<i>Piophila</i> sp.
	Stratiomyidae	<i>Hermetia</i> sp.	
	Sarcophagidae	<i>Blaesoxipha</i> sp.	
		<i>Lepidodexia</i> sp.	
	COLEOPTERA	Dermestidae	<i>Dermestes caninus</i> Germar
<i>Cryptorhopalum</i> sp.			
<i>Dermestes maculatus</i> De Geer			
Histeridae		<i>Xerosaprinus</i> nr. <i>ignotus</i> (Mars.)	
		<i>Hister coenosus</i> Erichson	
		<i>Omalodes</i> sp.	
		<i>Euspilotus</i> sp.	
Staphylinidae		<i>Coproporus</i> sp.	
Scarabaeidae		<i>Canthus</i> nr. <i>indigaceus</i> LeConte	
Curculionidae		<i>Xyleborus volvulus</i> (F.)	
		<i>Euplatypus parallelus</i> (F.)	
Laemophloeidae		<i>Rhabdophloeus</i> sp.	
Cleridae		<i>Necrobia rufipes</i> (De Geer)	
Nitidulidae		<i>Epuraea</i> sp.	
		<i>Stelidota</i> sp.	
		<i>Conotelus mexicanus</i> Murray	
Trogossitidae		<i>Temnoscheila</i> nr. <i>sallei</i> Léveillé	
Anthicidae		<i>Anthicus</i> sp.	
Trogidae		<i>Omorgus</i> nr. <i>tytus</i> (Robinson)	
Silvanidae		<i>Nausibius clavicornis</i> (Kugelann)	
Bostrichidae		<i>Amphicerus cornutus</i> (Pallas)	
Tenebrionidae		<i>Epitragodes</i> sp.	
Hydrophilidae		<i>Paracymus</i> sp.	
Carabidae		<i>Brachinus</i> sp.	



Fotografía: Patricia C. Campos Granados 2017.

Figura 7. Crías de larvas de dípteros noviembre-diciembre-enero 2017-2018.

1.5.3. Estados de descomposición y sucesión de insectos.

Los insectos colectados en el cadáver fueron adultos y larvas de dípteros; sin embargo, sólo se identificaron las formas adultas, los cuales sus roles ecológicos son diferentes (Smith, 1986; Arnaldos, 2005; Pancorbo, 2006). Dípteros y coleópteros en los diferentes estados de descomposición se muestran en los Cuadros 2 y 3; se puede observar en éstos que la actividad fue mayor en la descomposición activa, por otro lado en los coleópteros se notó una mayor actividad en los restos secos.

Durante la observación de las primeras 24 horas de colocado el cuerpo, se registraron cambios de coloración en el cadáver, pero sin oviposición o larviposición de dípteros, aunque con actividad de coleópteros, después de una hora de la puesta del cadáver; como se puede observar en el Cuadro 3, a los coprófagos iniciando su actividad en el primer día del muestreo.

1.5.3.1. Estado fresco.

Inició al momento de la muerte 09:40 horas, y finaliza con la hinchazón del cadáver (Figura 8). La duración fue de 24 horas, se notó un leve olor a metano, el color de la piel que se encontraba en contacto con el suelo, las piernas traseras y cuello se tornaron de un color rojizo, también se notó mucosidad saliendo de la nariz de coloración transparente (Figura 9), los ojos se encontraban resecos, orejas moradas, en la cabeza en la zona de la frente se vio una mancha morada (lividez), el ano tenía excremento, ya que después del sacrificio el ejemplar realizó evacuaciones.

La actividad del coleóptero *Canthus* nr. *Indigaceus* Le Conte pasada la hora de puesta del cadáver, se encontraban dentro de la trampa atraído por el excremento que se localizaba en el ano, se notó la presencia de un díptero fuera de la trampa *Cochliomyia macellaria* (Fabricius), aunque no hubo oviposición.

1.5.3.2. Estado hinchado.

Esta etapa tuvo una duración aproximada de 48 horas (Figura 8). Este estado también conocido como enfisematoso, se caracteriza por la inflamación del cuerpo, esto por el incremento de la actividad bacteriana; los ojos se mostraron bastante prominentes, la lengua se vio proyectada hacia adelante y se notó una red de venas en casi todo el cuerpo, el ano se proyectó hacia afuera, la expulsión de gases y líquidos por los poros y otras aberturas naturales, se percató un olor fuerte a metano, la piel se rompió en el abdomen, y las vísceras se hicieron presentes, donde se vio con un aspecto inflamado. Los ojos presentaban una telilla de color blanco.

Durante esta etapa o estado, se observó la presencia de los siguientes dípteros: *Chrysomya rufifacies* (Macquart), *Cochliomyia macellaria* (Fabricius), *Lucilia mexicana* (Macquart), *Lucilia eximia* (Wiedemann), *Hemilucilia segmentaria* (Fabricius), *Musca domestica* (Linnaeus), *Hydrotaea aenescens* (Wiedemann), *Lepidodexia* sp., *Blaesoxipha* sp. y *Hermetia* sp. Durante el inicio del proceso de descomposición se observó una mosca inspeccionando la boca del cadáver (*Chrysomya rufifacies*), posteriormente se hallaron huevos en la nariz (Figura 10) y debajo del cadáver. La cantidad de moscas incremento, *Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria* se presentaron mayor cantidad, ovipositando de bajo del cadáver y en los orificios naturales, del resto de las moscas no se notó oviposición. Para el último día de este estado ya presentaba larvas muy pequeñas en el ojo, por la noche se observó aparente oviposición de los dípteros *Cochliomyia macellaria* y *Chrysomya rufifacies* en la parte baja del cadáver. Los coleópteros que se observaron durante esta etapa fueron: *Canthus* nr. *Indigaceus*, *Temnoscheila* nr. *sallei*, *Xyleborus volvulus* y representantes de la familia Staphylinidae e Histeridae. *Canthus* nr. *Indagaceus* se observó llevando el excremento aún presente en el cadáver, estos permanecieron aproximadamente 24 horas. La familia Curculionidae y Trogossitidae, estos dos últimos son familias que se encontraron accidentalmente en el cadáver, pero su presencia puede estar relacionada no precisamente por el cadáver, ya que Trogossitidae es una familia reportada como depredadora de Curculionidae (Gomez, 2017), la especie que se determinó de la familia Trogossitidae fue *Temnoscheila* nr. *sallei* y de la familia Curculionidae fueron *Xyleborus volvulus* y *Euplatypus parallelus*.

1.5.3.3. Estado activo.

Este estado duró 48 horas aproximadamente (Figura 8); éste se caracterizó por el intenso olor a pútrido, también conocida como fase colicuativa, el cuerpo deja de estar hinchado ya que las ampollas y rupturas de la piel hace que se escapen los gases y líquidos (Figura 11). Se observó un incremento de larvas por todo el cadáver (Figura 12). La temperatura abajo del cadáver fue de 40° C, y la temperatura larval estuvo entre los 41 y 42° C. Las larvas presentes durante este estado fueron de *Chrysomya rufifacies* que se logró determinar hasta la emergencia de los adultos, se capturaron además adultos de *Lucilia mexicana*, *Lucilia eximia*, *Chloroprocta idioida* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Musca domestica*, *Hydrotaea aenescens*, *Piophilina* sp., *Hermetia* sp. y los coleópteros *Dermestes maculatus*, *Dermestes caninus* (Germar), *Euspilotus* sp., *Xerosaprinus* nr. *ignotus*, *Necrobia rufipes*, *Omorgus* nr. *tytus*, *Xyleborus volvulus*, *Canthus* nr. *indigaceus*, y algunos miembros de la familia Staphylinidae. En el último día de esta etapa, las larvas de dípteros iniciaban su desplazamiento del cadáver para pupar. El cuerpo presentaba un color chocolatoso (Figura 13), los huesos del cadáver empezaron a notarse. Durante este periodo se vio canibalismo por parte de las larvas de dípteros. Se observó con mucha actividad a los coleópteros principalmente a los depredadores.

1.5.3.4. Estado avanzado.

Este estado se caracterizó, en parte porque el olor disminuyó considerablemente, también a que los órganos internos ya no se distinguieron, se observaron huesos y piel. La mayoría de las larvas de *Chrysomya rufifacies* ya habían abandonado el cadáver para pupar, éstas avanzaron aproximadamente en un radio de 1 a 2 metros y se encontraron

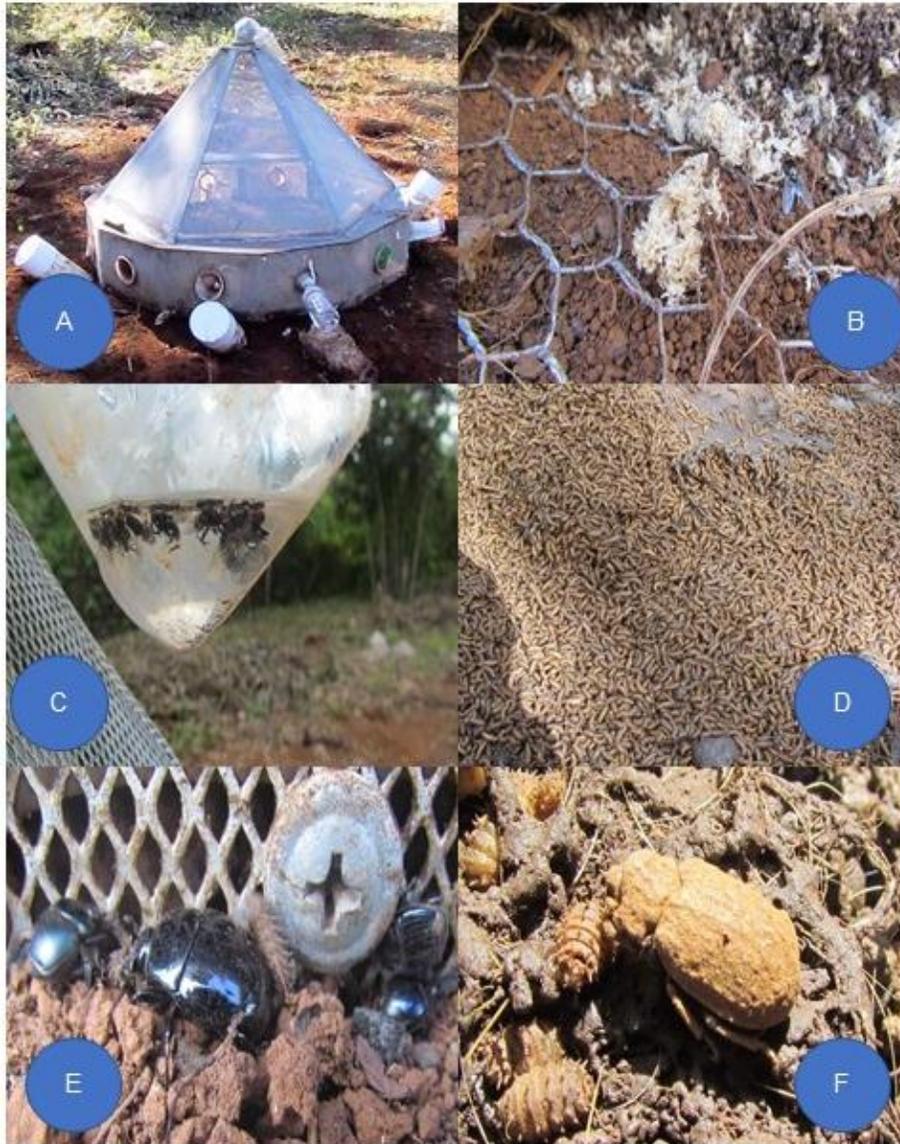
a una profundidad variable, entre 5 y 15 centímetros (Figura 14). Las visitas de adultos de dípteros eran esporádicas (Figura 15) y los coleópteros presentaron mayor actividad. Este estado duro aproximadamente 48 horas (Figura 8). *Chrysomya rufifacies*, *Cochliomyia macellaria*, *Musca domestica*, *Hydrotaea aenescens*, *Lepidodexia* sp., *Piophilina* sp., *Hermetia* sp., fueron los dípteros que estuvieron presentes durante este estado; *Chloroprocta idioidea*, aunque presente en esta etapa, fue muy esporádico. Los coleópteros como el necrófago *Dermestes caninus* se observó comiendo de la piel, coleópteros depredadores como *Hister coenosus* y *Xerosaprinus nr. ignotus* se les observó alimentarse de las larvas de dípteros; el necrófago *Omorgus nr. tytus* se observó ocultándose en la tierra donde se encontraba los restos del cadáver de una consistencia pastosa. Coleópteros accidentales como, *Xyleborus volvulus* que seguramente fue atraído por el alcohol de las trampas, *Paracymus* sp. que es un coleóptero omnívoro, *Canthus nr. Indigaceus* estercolero, y la familia Cleridae algunos autores sugieren a esta familia como necrófago u omnívoro (Arnaldos 2005, Smith 1986), sin embargo, se vio alimentándose del cadáver y la familia Staphylinidae que es una familia depredadora.

1.5.3.5. Restos secos.

Este estado inicio el 15 de noviembre hasta finalizar el estudio (Figura 8). Éste se caracterizó por la presencia de restos secos, que se fueron desecando más con el paso de los días y con casi nula actividad de dípteros. En el primer día se observó que la piel por fuera se encontraba seca, pero por dentro con cierta humedad. No se percibía olor a putrefacto. Aún se distinguían algunas partes del cadáver, como la cabeza y patas. La humedad propició la aparición de hongos en el cadáver, aunque se presentaron lluvias

muy escasas, la humedad permaneció principalmente en las últimas etapas de descomposición arriba de las 80 unidades (Cuadro 4) y tuvo por efecto el crecimiento de hongos (Figura 16). Durante los restos secos se capturaron dípteros como *Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria*, que se obtuvieron en los frascos colectores y algunas moscas sin vida alrededor del cadáver, y otras por visitas esporádicas obteniéndolas por red de golpeo. Durante el día 15 de noviembre se vio la emergencia de los dípteros hasta el día 25 de noviembre en situ (Figura 17). Se encontraron pupas de dípteros (Figura 18) y actividad de coleópteros sobre el cadáver, así como arañas depredando a dípteros de recién emergencia y que utilizaron el cadáver como una extensión de su hábitat para conseguir alimento y refugio (Figura 19) e histéricidos adultos y larvas, depredando a larvas de dípteros que no lograron pupar (Figura 20). Para el día 16 se vio mayor número de dípteros de recién emergencia reposando, la mayoría en las plantas y troncos cercanos para terminar su desarrollo (Figura 21). El día 22 de noviembre se encontraron larvas de Piophilidae, a esta familia se le asocia con los cadáveres en las últimas etapas de descomposición. En el mes de diciembre se hallaron larvas de coleópteros y mudas (Dermestidae) (Figura 22); éstos aumentaron su población y persistieron hasta finalizar el muestreo. Dípteros como *Chrysomya rufifacies*, *Cochliomyia macellaria*, *Chloroprocta idioidea*, *Cochliomyia mínima*, *Musca domestica*, *Blaesoxipha* sp., *Lepidodexia* sp., *Piophila* sp., *Hermetia* sp. se capturaron durante los restos secos; en tanto que los coleópteros presentes fueron: *Dermestes caninus*, *Cryptorhopalum* sp. (Guérin-Ménéville), *Dermestes maculatus*, *Xerosaprinus* nr. *ignotus*, *Hister coenosus*, *Omalodes* sp., *Coproporus* sp., *Canthus* nr. *Indigaceus*, *Xyleborus volvulus*, *Euplatypus parallelus*, *Rhabdophloeus* sp., *Necrobia rufipes*, *Epuraea* sp., *Stelidota* sp., *Conotelus mexicanus*,

Temnoscheila nr. *sallei*, *Anthicus* sp., *Omorgus* nr. *tytus*, *Nausibius* *clavicornis*, *Amphicerus* *cornutus*, *Epitragodes* sp., *Paracymus* sp. y *Brachinus* sp.



Fotografía: Patricia C.Campos Granados 2017.

Figura 8. Estados de descomposición. A) Estado fresco (5 noviembre); B) Estado hinchado (6,7,8 noviembre); C) Estado activo (9,10,11 noviembre); D) Estado avanzado (12,13, 14 noviembre) E y F) Restos secos (15 noviembre al 5 enero). Hacer el cambio de letras en la figura



Figura 9. Cambio de coloración en la piel



Figura 10. Huevos en la nariz.



Figura 11. Ruptura de la piel



Figura 12. Incremento de larvas



Figura 13. Cadáver con aspecto chocolatoso



Figura 14. Abandono del cadáver por larvas para posteriormente pupar

Fotografía: Patricia C.Campos Granados 2017.



Figura 15. Visita esporádica de moscas



Figura 16. Crecimiento de hongos



Figura 17. Emergencia de adultos



Figura 18. Pupas de dípteros



Figura 19. Arañas dentro de la trampa

Fotografía: Patricia C. Campos Granados 2017.



Fotografía: Patricia C.Campos Granados 2017.

Figura 20. Larva y adulto de Histeridae, depredando.



Fotografía: Patricia C.Campos Granados 2017.

Figura 21. Dípteros reposando sobre un tronco para terminar su desarrollo.



Fotografía: Patricia C.Campos Granados 2017.

Figura 22. Larvas y mudas de coleópteros.

Cuadro 2. Dípteros en los diferentes estados de descomposición.

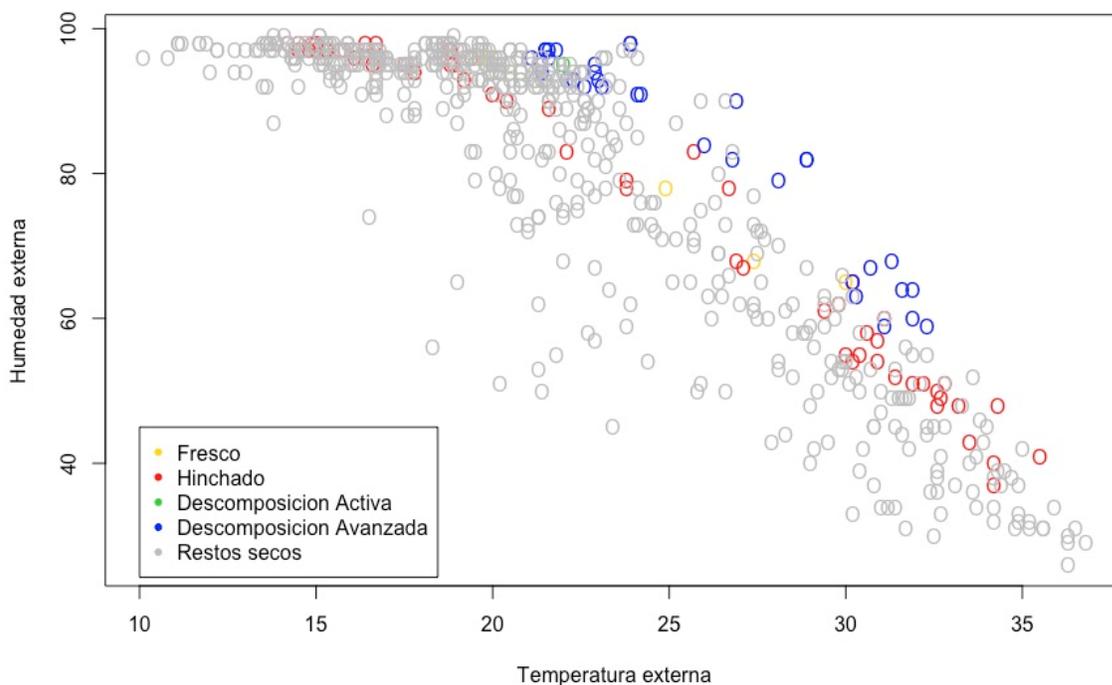
FAMILIA	GENERO/ESPECIE	ROL ECOLOGICO	F 5 nov	HN 6-7- 8nov	D. AC 9-10-11 nov	D.AV 12-13- 14	RS 15-5 ene	TOTAL
Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i>	Necrofago	●	●	●	●	●	466
	<i>Cochliomyia macellaria</i>	Necrofago	●	●	●	●	●	174
	<i>Lucilia mexicana</i>	Necrofago	-	●	●	-	-	4
	<i>Lucilia eximia</i>	Necrofago	-	●	●	-	-	4
	<i>Hemilucilia segmentaria</i>	Necrofago	-	●	-	-	-	1
	<i>Chloroprocta idioidea</i>	Necrofago	-	-	●	●	●	6
	<i>Cochliomyia minima</i>	Necrofago	-	-	-	-	●	1
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	Necrofago	-	●	●	●	●
	<i>Hydrotaea aenescens</i>	Necrofago	-	●	●	●	-	55
Sarcophagidae	<i>Blaesoxipha</i> sp.	Necrofago	-	●	-	-	●	3
	<i>Lepidodexia</i> sp.	Necrofago	-	●	-	●	●	4
Piophilidae	<i>Piophila</i> sp.	Necrofago	-	-	●	●	●	35
Stratiomyidae	<i>Hermetia</i> sp.	Depredador	-	●	●	●	●	23
Total			-	288	310	44	146	788

Cuadro 3. Coleópteros en los diferentes estados de descomposición.

Familia	Especie	Rol ecológico	Fresco	Hinchado	D. Activa	D. avanzada	Restos secos
Demestidae 69	<i>Dermestes caninus</i> Gemar	Necrófago			●	●	●
Demestidae	<i>Cryptorhopalum</i> sp.	Accidental					●
Demestidae	<i>Dermestes maculatus</i>	Necrófago			●	●	●
Histeridae 107	<i>Xerosaprinus</i> nr. <i>ignotus</i>	Depredador			●		●
Histeridae	<i>Hister coenosus</i>	Depredador					●
Histeridae	<i>Omalodes</i> sp.	Depredador					●
Histeridae	<i>Euspilotus</i> sp.	Depredador			●		●
Staphylinidae 34	<i>Coproporus</i> sp.	Depredador				●	●
Scarabaeidae 22	<i>Canthus</i> nr. <i>indigaceus</i>	Coprófago	●				●
Curculionidae 26	<i>Xyleborus valvulus</i>	Accidental				●	●
Curculionidae	<i>Euplatypus parallelus</i>	Accidental					●
Laemophloeidae 13	<i>Rhabdophloeus</i> sp.	Accidental					●
Cleridae 15	<i>Necrobia rufipes</i>	Omnívoro					●
Nitidulidae 3	<i>Epiraea</i> sp.	Saprófago					●
Nitidulidae	<i>Stelidota</i> sp.	Saprófago					●
Nitidulidae	<i>Conotelus mexicanus</i>	Saprófago					●
Trogossitidae 1	<i>Temnoscheila</i> nr. <i>sallei</i>	Depredador					●
Anthicidae 2	<i>Anthicus</i> sp.	Omnívoro					●
Trogidae 5	<i>Omorgus</i> nr. <i>tytus</i>	Saprófago				●	●
Silvanidae 1	<i>Nausibius clavicornis</i>	Accidental					●
Bostriichidae 1	<i>Amphicerus cornutus</i>	Accidental					●
Tenebrionidae 1	<i>Epitragodes</i> sp.	Accidental					●
Hydrophilidae 1	<i>Paracymus</i> sp.	Omnívoro				●	●
Carabidae 2	<i>Brachinus</i> sp.	Depredador				●	●

1.5.3.6. Estados de descomposición y el clima.

Para estudiar la asociación que existe entre los procesos de descomposición y las variables climatológicas (Figura 23), se recurrió al diagrama de dispersión, en donde se observó que la mayor variabilidad en las temperaturas se da en el estado de restos secos, seguido de los estados fresco e hinchado y finalmente los estados de descomposición activa y avanzada. Con respecto a la humedad externa, la variabilidad es similar en todos los estados. A pesar de que la temperatura y humedad influye considerablemente en las etapas de descomposición, en la Figura 23 no se muestra una dependencia tan marcada entre variables, ya que no se registraron temperaturas extremas; si esto hubiere ocurrido el cadáver no presentaría un patrón de descomposición normal, la causa de una temperatura extrema resultaría en la inactividad de insectos en cuestión, así como la posible momificación o cese de la descomposición cadavérica (Guarín, 2005; Smith, 1986). La temperatura y humedad si pueden estar relacionadas con la ausencia y presencia de dípteros y coleópteros a lo largo de los periodos de descomposición; sin embargo, estas variables no se deben tomar como absolutas, tal como lo sugiere Murrugarra (2016) y Pancorbo (2006), para realizar una determinación del tiempo de muerte, puesto que los roles de cada familia y especie juegan un papel importante (Cuadro 4).



Fotografía: Patricia C.Campos Granados 2017.

Figura 23. Relación entre la temperatura y humedad externa con la etapa de descomposición.

Para observar la ausencia y presencia se comparan los promedios de temperatura, humedad y la correlación entre estas variables con la predominancia de los distintos roles de la fauna cadavérica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Asociación entre presencia y ausencia de especies y variables climatológicas.

Estado de descomposición	Temperatura Externa	Humedad Externa	Correlación Temperatura/Humedad	Roles ecológicos predominantes de coleópteros	Roles ecológicos predominantes de dípteros
Fresco	24.80	76.32	-0.9917	Coprófago	Necrófago
Hinchado	23.20	78.04	-0.9494	Necrófilo, coprófago	Necrófago
Descomposición Activa	24.34	88.82	-0.9619	Necrófago, necrófilo, omnívoro	Necrófago
Descomposición Avanzada	25.36	81.90	-0.9010	Necrófilo, Omnívoro	Necrófago, depredador
Restos secos	21.95	80.14	-0.8936	Necrófago, Necrófilo, Accidental, Omnívoro	Necrófago

La Cuadro 4 permite mostrar posibles asociaciones, por ejemplo, con respecto a los coleópteros, es notorio que los coprófagos aparecieron en los estados fresco e hinchado, que registraron los menores promedios de humedad externa durante el período de medición, su presencia también se relaciona con el excremento que presentaba el cadáver por eso se encontró a *Canthus nr. indigaceus*, el cual según Smith (1986) se usual encuentralo en el estiércol; mientras que la fauna accidental se manifestó en el nivel más bajo de temperatura del estudio. Los necrófilos aparecieron casi siempre en presencia de necrófagos y con índices de humedad superiores a las 80 unidades, podemos observar la importancia de la humedad y la temperatura las cuales fueron óptimas para la presencia de dípteros necrófagos, lo cual son alimento de los necrófilos. La etapa de descomposición activa se manifestó con las condiciones más húmedas, mientras que la descomposición avanzada se desarrolló con el promedio más alto de temperatura. Aunque el conteo de familias de omnívoros fue menor que el de las otras familias que aparecen a partir de la descomposición activa; se destaca que este rol también se manifiesta en los períodos con mayores índices de humedad, independientemente del nivel de temperatura externa registrado.

Con respecto a los dípteros, en el estado fresco solo hubo visita de éstos por la parte externa de la jaula. En los siguientes estados de descomposición se presentaron necrófagos (Calliphoridae) y depredadores (Stratiomyidae), pero la cantidad de familias de necrófagos fue considerablemente mayor que la de depredadores. Los necrófagos predominaron en los estados de descomposición a partir del estado hinchado, pero la mayor cantidad de familias de dípteros depredadores se dio en el estado de descomposición avanzada. La asociación entre la temperatura y la humedad externa es

inversa y muy marcada a lo largo de cada una de las etapas de descomposición, esto quiere decir que cuando la humedad aumenta la temperatura disminuye o, al contrario, pero se va debilitando a lo largo del proceso. Si bien las condiciones climatológicas se asocian a las etapas de descomposición y a la ausencia y presencia de insectos. Los dípteros necrófagos pueden variar su desarrollo debido a la temperatura y humedad, algunos autores como García (2012) menciona que el crecimiento de *Chrysomya rufifacies* (necrófago), se da en un promedio de 28-36 °C, y tienen un umbral de la mínima de 10 °C (Higley et al., 2001) y una máxima de hasta 50 °C (Rivers et al., 2014). Por otra parte, Byrd y Castner (2001) mencionaron que la temperatura y humedad óptima es de 27°C a 30°C y la humedad relativa de entre 80% y 90% para los califóridos. Como se puede observar en el Cuadro 4, la temperatura y humedad relativa fueron óptimas.

1.5.3.7. Análisis de correspondencia.

Posterior a la identificación de los ejemplares colectados y de establecer los tiempos de los estados de descomposición, se realizó el análisis de correspondencias para determinar la asociación de las especies colectadas con cada estado de descomposición. Se hace notar que los dípteros estuvieron presentes en mayor cantidad en primeros estados de descomposición, disminuyendo en el tiempo; los coleópteros estuvieron presentes en el estado fresco, descomposición activa, descomposición avanzada y restos secos. Las especies registradas de coleópteros se observa en el Cuadro 3. El análisis de correspondencia muestra que en las primeras etapas de descomposición se encuentran asociados los dípteros y en las últimas etapas los coleópteros (Garcés, 2004; García, 2004; Remedios et al., 2017). Se realizaron tres

gráficas de análisis de correspondencia. Una donde se muestra a los dípteros en relación con los primeros estados de descomposición, por consiguiente, se realizó lo mismo con los coleópteros y al final en conjunto coleópteros y dípteros (Figuras 24, 25 y 26). Con las matrices de ocurrencia se demuestra que especies o familias están mejor representadas durante el tiempo y estado de descomposición en los meses de estudio (otoño) (Cuadro 5 y 6). De esta forma se obtuvo la sucesión y se utilizaron estas especies como indicadoras del tiempo de la muerte. En el Cuadro 7a se muestra las especies según el análisis de correspondencia de dípteros y en Cuadro 7b se muestran las familias según el análisis de correspondencia de coleópteros. Finalmente, en el Cuadro 8 se muestran familias y especies en conjunto de dípteros y coleópteros.

Se podrá observar que existen diferencias entre los análisis, esto se debe a que los análisis de correspondencia de dípteros mostraron la ausencia y presencia de dípteros con otros dípteros y lo mismo sucedió con los coleópteros. Cuando están en conjunto se puede observar la diferencia de interacción entre ausencia y presencia de los dos grupos, lo que explicaría de igual forma la importancia de los roles ecológicos. Sin embargo, en los Cuadros 7a, 7b y 8 se ve la correspondencia de dípteros con los primeros estados de descomposición y los coleópteros con los últimos.

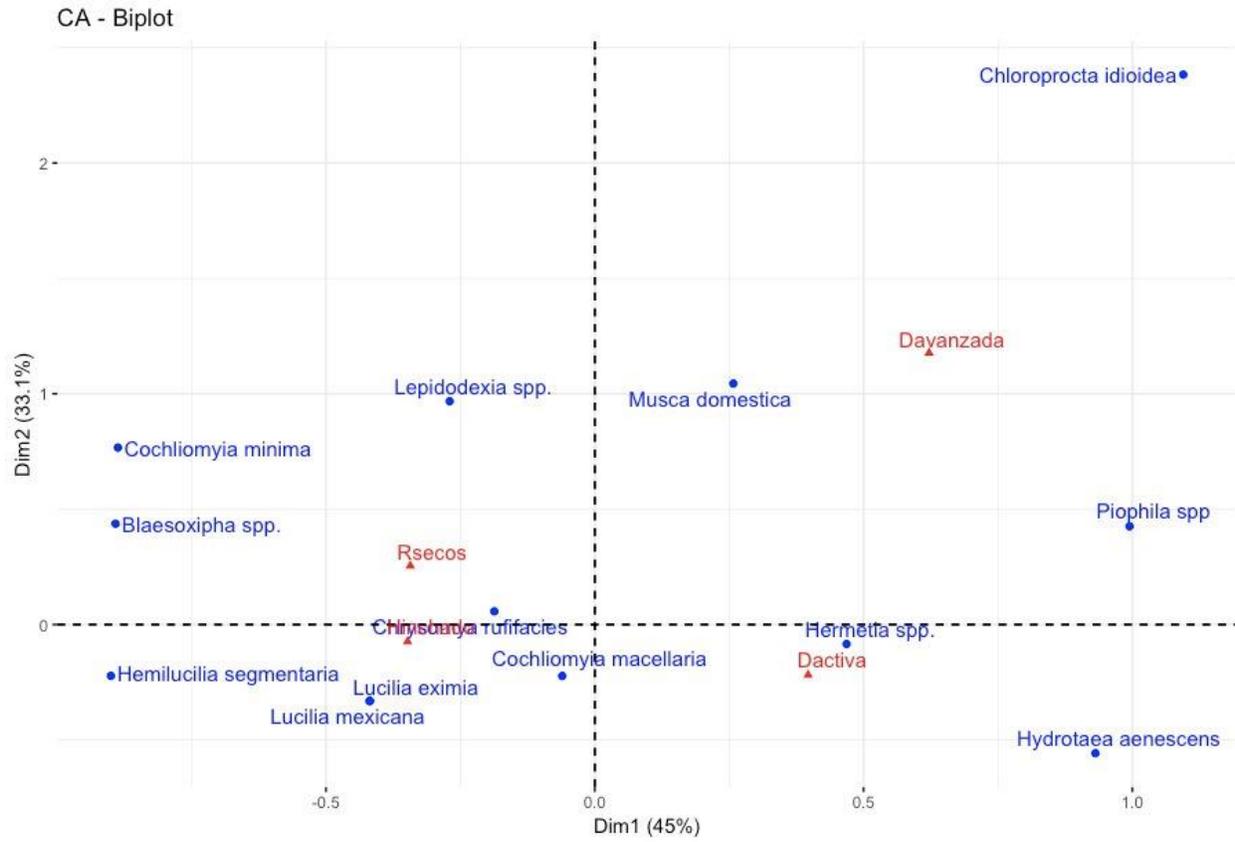


Figura 24. Análisis de correspondencia de dípteros.

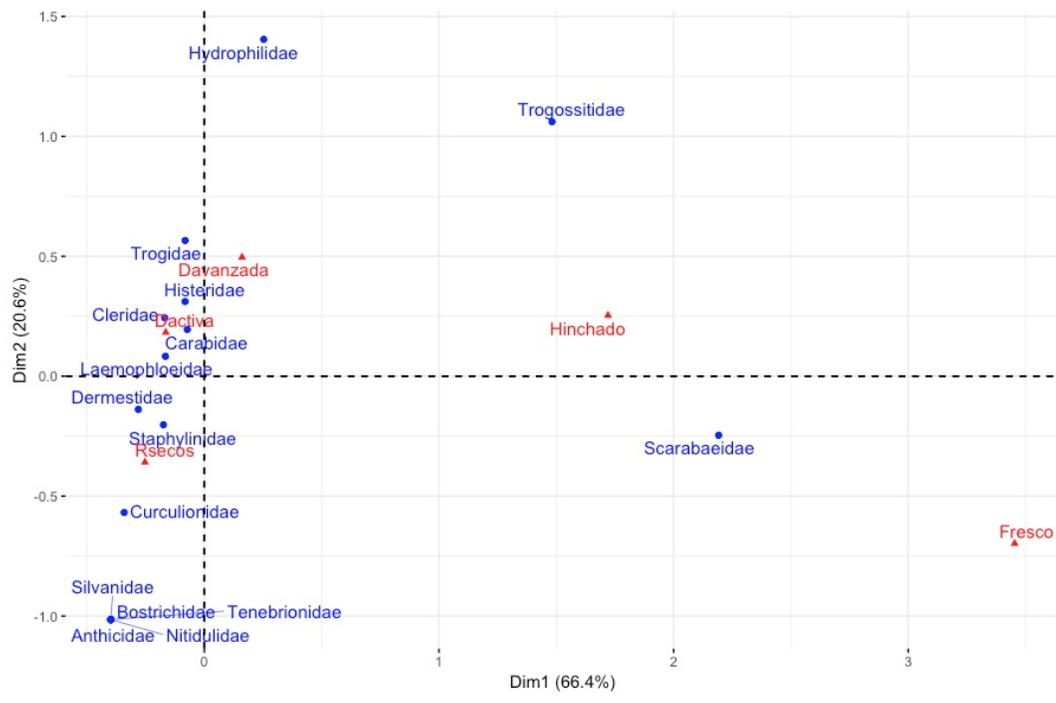


Figura 25. Análisis de correspondencia de coleópteros.

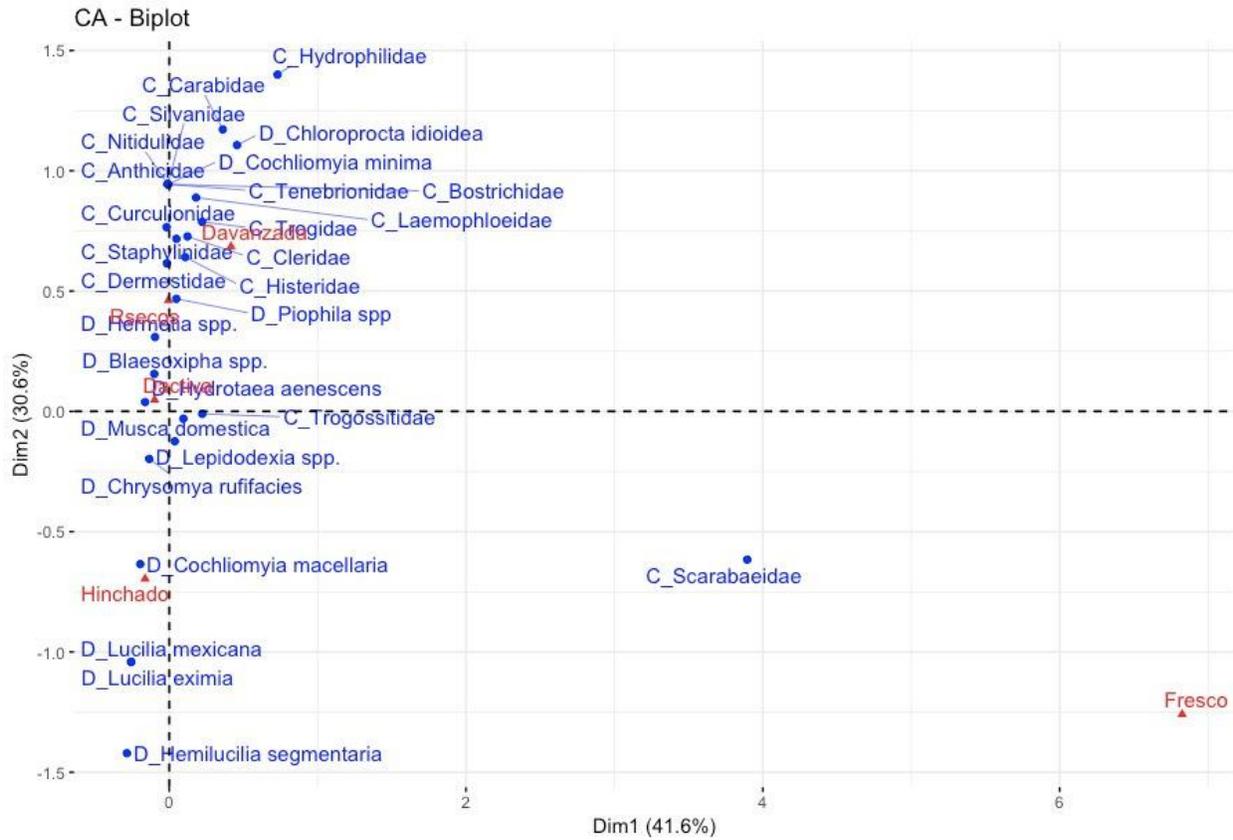


Figura 26. Análisis de correspondencia de dípteros y coleópteros.

Cuadro 7a. Especies según el análisis de correspondencia de dípteros

Orden	Familia	Especie	F	H	D.AC	D.AV	RS
Díptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i>		•			•
		<i>Cochliomyia macellaria</i>		•			
	Muscidae	<i>Hydrotaea aenescens</i>			•		
		<i>Musca domestica</i>				•	
	Stratiomyidae	<i>Hermetia</i> sp.			•		
	Piophilidae	<i>Piophila</i> sp.				•	

Cuadro 7b. Familias de insectos según el análisis de correspondencia en coleópteros.

Orden	Familia	F	H	D.AC	D.AV	RS
Coleoptera	Scarabaeidae	•				•
	Histeridae			•	•	
	Cleridae			•	•	
	Laemophloeidae			•	•	
	Carabidae			•	•	
	Trogidae				•	
	Dermeestidae					•
	Staphylinidae					•

Cuadro 8. Familias y especies en conjunto de dípteros y coleópteros según el análisis de correspondencia.

Orden	Familia	Especie	Fresco	Hinchado	D. Activa	D. Avanzada	R. Secos
Díptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya rufifacies</i>		•	•		
		<i>Cochliomyia macellaria</i>		•			
	Muscidae	<i>Hydrotaea aenescens</i>				•	
		<i>Musca domestica</i>				•	
	Sarcophagidae	<i>Blaexosipha</i> sp.				•	
		<i>Lepidodexia</i> sp.				•	
	Stratiomyidae	<i>Hermetia</i> sp.					•
Piophilidae	<i>Piophila</i> sp.					•	
Coleóptera	Scarabaeidae		•				
	Cleridae					•	
	Staphylinidae					•	
	Trogidae					•	
	Curculionidae					•	
	Histeridae					•	
	Dermestidae					•	•

En general, las condiciones climatológicas durante el estudio fueron favorables para una descomposición normal (Guarín, 2005; García, 2004; Castillo, 2017). A pesar de que las variables climatológicas están asociadas a los procesos de descomposición, no se muestra esa estrecha relación en este estudio, esto debido a que no se observaron variables extremas que llegaran a producir la momificación o cese de la descomposición del cuerpo. El cadáver se encontraba al sol directo y la temperatura osciló entre los 24 y 35°C y la humedad de entre 60 y 80%. Durante la sucesión de entomofauna cadavérica se observaron los cinco estados de descomposición que son aceptados en la entomología forense (Catts y Goff, 1992; Goff, 2010; Payne, 1965). La temperatura media de 21.3°C, con una máxima de 36.8°C y una mínima de 10.1°C y la humedad relativa media de 80.2% y con una máxima de 99% y la mínima de 30% propiciaron una descomposición continua (Guarín, 2005; García, 2004; Castillo, 2017). La ausencia y presencia de insectos, así como el tiempo de la descomposición está influida

considerablemente por los factores climatológicos, tal como lo menciona Mohr *et al.* (2014). En comparación con los estudios de Guarín (2005), García (2015) y Murrugarra (2016), los estados de descomposición fueron variables puesto que dependieron del lugar geográfico donde se localizó el cadáver, y la forma en cómo se degradó el cadáver, así como los insectos también dependieron de las condiciones climatológicas (Catts & Goff, 1999; Byrd & Castner, 2001; Keh, 1985). En el presente trabajo la sucesión completa fue de aproximadamente entre 10 a 11 días, que se aproximó a la sucesión de entomofauna cadavérica descrita por Murrugarra (2016) y Guarín (2005).

De acuerdo con el análisis de matrices de ocurrencia las especies colonizadoras que arribaron al cadáver fueron *Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria*, en el estado fresco solo se colectaron adultos, *Chrysomya ruffifacies* se mantuvo hasta los restos secos mientras que *Cochliomyia macellaria* se mantuvo sólo en las tres primeras etapas. Al respecto, Byrd & Castner (2001), Rivers *et al.* (2014) y Yussef (2007) mencionaron que los califóridos son importantes para la posible data de la muerte. En este estudio *Chrysomya rufifacies* se presentó en todos los estados de descomposición teniendo mayor actividad en las tres primeras fases, la oviposición se vio entre las 36 y 48 horas, tal y como lo reporta Guarín (2005) en un cuerpo expuesto al sol. La presencia de esta especie en los restos secos pudo deberse a que este estado duro más tiempo que el resto de los estados. Además, es una de las primeras especies colonizadoras de cadáveres como lo mencionó Bryrd & Castner (2001) y Goff (2000). *Chrysomya rufifacies* presenta una fuerte competencia con otros dípteros, en su estado larval en el segundo estadio es muy voraz (Mavárez, 2005). Como se vio durante la descomposición activa las larvas de *Chrysomya* devoraban a otras larvas presentando de esta forma

canibalismo (Valdés-Perezgasga, 2014). Tomberlin *et al.* (2006) indicó que *Chrysomya rufifacies* es importante para la entomología forense por los hábitos de alimentación que presenta en sus diferentes estadios larvales, en el primer estadio se alimenta de carroña y en el segundo y tercer estadio puede desplazar a otras especies. Por esta razón *Chrysomya* fue la más abundante durante el proceso de descomposición. Según Kirkpatrick *et al.* (2007), Calliphoridae no oviposita durante la noche, pero si lo hace con luz artificial; sin embargo, en este trabajo se observó la posible oviposición nocturna, gracias a una cámara de visión nocturna la cual no emite ninguna luz artificial.

Lucilia mexicana, *Lucilia eximia* y *Hemilucilia segmentaria*, arribaron el cadáver en los primeros estados de descomposición, estas tres especies no abundaron en ninguna de las otras etapas de descomposición; sin embargo, las tres especies arribaron al cadáver en las primeras etapas de descomposición y son de importancia en casos forense. A *Lucilia eximia* se le ha reportado un caso de miasis (Sanford *et al.*, 2014; Vasconcelos *et al.*, 2014). *Chloroprocta idioidea* y *Cochliomyia minima* fueron especies esporádicas, durante el estudio arribaron al cadáver en el estado activo, avanzado y restos secos.

Musca domestica e *Hydrotaea aenescens* arribaron el cadáver desde el estado hinchado hasta el inicio de los restos secos; los múscidos tienen importancia tanto sanitaria como forense. Según Byrd & Castner (2001), *Hydrotaea aenescens* es una especie que suele arribar el cadáver en la descomposición activa y tener mayor actividad, como se demostró en este estudio, aunque sólo se encontraron y capturaron adultos. Se dice que *Musca domestica* normalmente no se encuentra en las primeras etapas de descomposición, solamente si se encontrara estiércol o intestinos expuestos, esto explica el arribo de este múscido en tempranas fases de descomposición, ya que el

cadáver presentaba excremento en las etapas iniciales (Smith, 1986). La familia Sarcophagidae a pesar de ser importante en la entomología forense no tuvo mayor abundancia en los estados de descomposición.

Piophilina sp. y *Hermetia* sp. son dos géneros que se asocian en las últimas etapas de descomposición (Wolff, 2001). El día 22 de noviembre se registraron larvas de la familia Piophilidae, estas larvas son características por su movimiento ya que parecen brincar (Gennard, 2007). *Hermetia* sp. arribó al cadáver en el estado hinchado, sin embargo, tuvo visitas esporádicas al cadáver hasta el día 28 de diciembre. Se considera un díptero secundario e importante en la estimación del tiempo de la muerte conociendo su ciclo de vida y las condiciones en las que se localiza un cadáver (Pujol *et al.*, 2008); a pesar de que este autor mencionó que se encuentran en estados avanzados de descomposición, en el presente trabajo se encontró en el estado hinchado. Las larvas de este díptero son depredadoras, y cabe la posibilidad de que este fue el motivo de su arribo en una de las primeras fases.

Los coleópteros son el segundo grupo más importante en la estimación del tiempo de muerte y están asociados normalmente a las últimas etapas de descomposición (Castillo, 2001). La familia Scarabaeidae arribo al cadáver en el estado fresco, esto se debió a que el cadáver presentaba excremento, hecho que se dio por las evacuaciones del animal sacrificado. Según Smith (1986) esta familia es de importancia forense. Por su diversidad esta familia suele tener hábitos alimenticios variados entre ellos en la descomposición de materia; en un estudio realizado por Naranjo (2011) colocó a este grupo de insectos como uno de los principales descomponedores de material orgánica de origen animal. En el presente trabajo el género que se determinó fue *Canthus* nr. *Indigaceus*, especie

ampliamente conocida por ser estercolero. En este estudio las familias de los coleópteros Staphylinidae e Histeridae, tuvieron mayor actividad que los necrófagos, arribaron al cadáver en la descomposición activa hasta los restos secos, al ser depredadores de larvas de dípteros, su actividad se vio acelerada en la descomposición activa; similar a lo obtenido por Flores (2009), Olaya (2001) y Arnaldos (2005). En el estudio de Santos *et al.* (2014) *Euspilotus* sp. y *Xenosaprinus* sp. fueron abundantes; de manera similar en esta investigación también la familia Histeridae fue abundante, se capturaron 107 ejemplares. Con respecto a las familias Cleridae, Nitidulidae y Tenebrionidae son grupos omnívoros; sin embargo, los géneros encontrados en el presente trabajo tienen diferencias en su biología, *Epitragodes* sp. es un género accidental ya que no está asociado con cadáveres, la familia Nitidulidae tanto larvas como adultos son saprófagos o xilófagos, algunos suelen ser exclusivamente fitófagos o micofagos y otros se encuentran en carroña o son depredadores (Smith, 1986), en este trabajo se encontraron en restos secos, tal y como Payne & King (1970) que también los registraron en este estado de descomposición. Los necrófagos de la familia Dermestidae como son *Dermestes maculatus* y *Dermestes caninus* arribaron el cadáver a partir de la descomposición activa hasta los restos secos, estando presentes adultos y presencia de larvas hasta el día 9 de noviembre; resultados similares fueron observados por Aboudzied (2014). Esta familia es de importancia forense, pues es necrófaga y puede acelerar el proceso de restos secos; por lo general las especies de este grupo suelen llegar en las últimas etapas de descomposición y colonizan el cadáver, esto quiere decir que llegaran cuando el cadáver sólo presente piel seca y huesos (Smith, 1986). Aunque en el estudio de Olaya (2001) se vio a la familia Dermestidae en las primeras etapas de

descomposición al igual que Payne & King (1970) que también encontraron a los dermestidos en los primeros estados de descomposición. En lo que respecta a la familia Laemophloeidae, esta no tuvo relación con el cadáver, por lo que es una familia accidental. Con respecto a las familias restantes, éstas no tuvieron mayor abundancia o colonización del cadáver; sin embargo, *Omorgus nr. tytus* (Trogidae) es una especie que se asocia con la descomposición cadavérica, en este estudio apareció en la descomposición activa hasta los restos secos, así como lo reporta Mayer (2013).

1.6. CONCLUSIONES

El presente trabajo es un nuevo aporte de entomofauna cadavérica en el estado de Yucatán, es el primer trabajo en la zona donde fue llevado a cabo el estudio; por otro lado, los insectos que se citan ya se han reportado en otros estudios de sucesión. A continuación, se brindan las conclusiones más

- El diseño de la trampa Schoenly y los planos de Prado *et al.* (2009), ayudaron a obtener la mayoría de los insectos registrados en una sucesión cadavérica.
- La descomposición de un cerdo de 20 kilogramos se desintegra hasta los restos secos de 10 a 11 días, a una temperatura de 21°C a 36 °C.
- Se corroboró la existencia de especies de insectos asociados a etapas específicas de descomposición.
- El análisis que se utilizó fue completamente descriptivo, sin embargo, no se le resta el valor científico.
- Los análisis de correspondencia y las matrices de ocurrencia determinaron la existencia de especies que pueden ser utilizadas para una estimación de intervalo

postmortem, entre ellas fueron *Crhysomya rufifacies*, *Cochliomyia macellaria*, *Musca domestica*, *Hydrotaea aenescens* *Hermetia* sp. *Blaeosiphia* sp., *Lepidodexia* sp. *Piophila* sp. y las familias Demestidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Histeridae, Cleridae, Trogidae, Curculionidae

- *Chrysomya rufifacies* se presentó desde el estado fresco hasta los restos secos.
- *Cochliomyia macellaria* y *C. rufifacies* con posible oviposición nocturna.
- El número más alto de especies se presentó en los restos secos, seguido por el estado avanzado y descomposición activa.

1.7. RECOMENDACIONES.

- Realizar varias repeticiones para poder tener una prueba significativamente alta.
- Realizar estudios en otras épocas del año y en diferentes puntos del estado, y poder concretar las especies que se encontrarían en cada período determinado.
- Realizar las mediciones de las larvas y hacer estudios con inmaduros, ya que son de gran importancia para estimar el intervalo postmortem.
- Estudiar los ciclos de vida de las especies que se encuentran en el estado de Yucatán para obtener evaluaciones de intervalo postmortem más confiables.
- Estudiar la oviposición nocturna de los dípteros califóridos, ya que las oviposiciones en la noche pueden alterar el intervalo postmortem.
- Tomar notas precisas de las variables climatológicas, utilizando termómetros convencionales.
- Realizar estudios en una zona urbana para establecer diferencias si las hubiera.

LITERATURA CITADA

- Aballay, H., Fernando N. Jofré & N. D. Centeno. 2017. Asociación y estratificación de la entomofauna cadavérica a diferentes profundidades en el suelo como indicadores complementarios en largos intervalos post mortem. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 19(2): 225-234.
- Abouzied, E. M. 2014. Insect Colonization and Succession on Rabbit Carcasses in Southwestern Mountains of the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Medical Entomology*, 51(6):1168-1174.
- Amat, Eduardo. Contribución al conocimiento de las Chrysomyinae y Toxotarsinae (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 693-708.
- Amendt, J., Carlo. P. Campobasso, M. Lee Goff & M. Grassberger. 2010. *Current Concepts in Forensic Entomology*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- Arnaldos, M.I., M. D. García., E. Romera, J.J. Presa & A. Luna.2005. Estimation of postmortem Interval in real cases base don experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science international*, 149(1): 57-65.
- Barros, de Carvalho C. J. Maurício., O. Moura & P. Bretanha Ribeiro. 2002. Chave para adultos de dípteros (Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae) asociados ao ambiente humano no Brasil1. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46(2): 107-114.
- Barros, de Carvalho1 C. J. & C. A. de Mello Patiu. 2008. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(3): 390-406.
- Beltran, Alfonso, C.P & F.A. Villa Navarro 2011. Sucesión de insectos en cadáveres de ratas Wistar (Muridae: *Rattus norvergicus*) (Berkenhout, 1769) en Bosque húmedo Premontano. *Ciencias Biológicas*. Ibagué Colombia. *Revista Tumbaga*, 6: 93-105.
- Byrd, J., H. & L. Castner J. 2001. *Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in legal Investigations*.CRC Press. USA. 418 pp.
- Brown, B.V., A. Borkent., J.M. Cumming., D.M. Wood., N.E. Woodley & M.A. Zumbado. 2010. *Manual of Central American Diptera. Volume 2*. NRC Research Press Ottawa.
- Castillo, M. M. 2001. Artrópodos presentes en carroña de cerdos en la comarca de la litera (Huesca). *Bol. S.E.A.*, 28: 133-140.
- Castillo, P. S., C. Sanabria & F. Monroy. 2017. Insectos de importancia forense en cadáveres de cerdo (*Sus scrofa*) en la Paz Bolivia. *Medicina Legal de Costa Rica*. Edición virtual, 34(1): 1-9.
- Catts, E. P. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review Entomology*, 37: 253-272.
- Coe, Malcolm. 1978. The decomposition of elephant carcasses intheTsavo (East) National Park, Kenya. *Journal of Arid Environments*, 1(1): 71-86.

- Couri, M. S. 2007. A key to the tropical genera of Muscidae (Diptera). *Revista brasileira de zoología*, 24: 175-184.
- Dear, J. P. 1985. A revisión of the new world Chrysomyini (Diptera: Calliphoridae). *Revista brasileira de zoología*, 3(3): 109-169.
- Flores, P. L. R. 2009. Sucesión de Entomofauna cadavérica utilizando como biomodelo cerdo blanco (*Sus scrofa* L.). Tesis de Doctorado en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco. Edo. De México.
- Gennard, D. E. 2007. Forensic entomology, an introduction. Ed. Wiley, England. 248 p.
- García, Rojo Ana María. 2004. Estudio de la sucesión de insectos en cadáveres en Alcalá de Henares (comunidad autónoma de Madrid) utilizando cerdos domésticos como modelos animales. *Boln. S.E.A.*, 34: 263 –269.
- Goff, M. L. 1993. Estimation of Postmortem Interval using arthropod development and successional patterns. *Forensic Science Review*, 5(2): 81-94.
- Gisbert, Calabuig, J. A., y E. Villanueva Cañadas. 2004. Medicina legal y toxicológica. 6ta edición. Editorial Massón, Barcelona.
- García, Espinosa, F. Ma. T. Valdés Perezgasga, F. J. Sánchez Ramos, S. Z. Yusseff Vanegas & Ma. T. Quintero Martínez. 2012. Desarrollo larval y requerimientos calóricos de *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae) durante primavera y verano en Torreón, Coahuila. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(1): 172-184.
- Guarín, Vargas, E. G. 2005. Insectos de importancia forense asociados a la descomposición cadavérica del cerdo *Sus domesticus* expuesto a sol, sombra total, y sombra parcial, en Mayagüez, Puerto Rico. Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de maestro en ciencias en biología. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez,
- Gómez, C. A. & Concha, M. I. 2017. Primera cita del enemigo natural *Acalanthis quadrisignata* (Coleoptera: Trogossitidae) asociado con cámaras púpales de *Pissodes castaneus* (Coleoptera: Curculionidae) en la provincia de Chubut, Patagonia, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 76(1-2): 54-56.
- Garcés, Percis A, Sergio Bermudes y Gladys Quintero. 2004. Determinación de la entomofauna asociada a carcasas de cerdos domésticos vestidos (*Sus scrofa*), en el puerto de Vacamonte, prov. de Panamá. *Tecnociencia*, 6(2): 59-74.
- Goff, M. L. 2000. A Fly for the Prosecution. Harvard University Press: Cambridge, MA. In: Gennard, D. E. 2007. Forensic entomology, an introduction. England. Ed. Willey.
- Haydee, M. R., Fernando, J. J., Jaime, E. R., María, L. R. V., Francisco A. P. R., y Lliana, E. Medina R. 2009. Estudio comparativo preliminar de la sucesión de insectos necrófagos en *Sus scrofa* intoxicado con paratión metílico, en tres periodos estacionales. Universidad Autónoma de Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, 40(3): 5-10.

- Higley, L. G. & N. H. Haskell. 2001. Insect development and forensic entomology, pp. 287-302. In: J. H. Byrd & J. L. Castner (Eds.). Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations 2001. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 681 pp.
- Infante, V. C. 2003. Entomofauna Asociada a Restos Cadavéricos de Cerdo y su Utilidad en la Cronotanatognosis en la Provincia de Ica. Octubre 2002 – Marzo 2003". Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica.
- INEGI, 2010. Marco geoestadístico municipal versión 5.0 www.cuentame.inegi.org.mx
- INEGI, 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER).
- Keh, B. 1985. Scope and applications of Forensic Entomology. Annual Reviews Entomology, 30:137-154.
- Kirkpatrick Ryan S. and Jimmy K. Olson. Nocturnal Light and Temperature influences on Necrophagous, Carrion- Associating Blow fly species (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance in Central Texas. Southwestern Entomologist, 32(1): 31-36.
- Liria, S. J. 2006. Insectos de impacto forense en cadáveres de ratas Carabobo Venezuela. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 23(1): 33-38.
- Mann, R. W., W.M Bass & B.A. Lee Meadows. 1990. Time since death and decomposition og the human body: variables and observations in case and experimental field studies. Journal of Forensic Scienses, 35(1): 103-111.
- Mavárez, Cardozo, M.G., Al. E. de Ferreira, F.A. B. Ferrer & J.L. F. Paz. 2005. La Entomología Forense y el Neotrópico. Cuad Med Forense, 11(39): 23-33.
- Mayer, A. C.G y Simão D. Vasconcelos. Necrophagous beetles associated with carcasses in a semi- arid evironment in Northeastern Brazil: Implications for forensic entomology. Forensic Science International, 226: 41-45.
- Murrugarra, Bringas V. I. 2016. Sucesión de artropofauna en cadáveres de cerdos (*Sus scrofa* L., 1758), en Pantanos de Villa, Chorrillos, Lima, Perú. Para optar el grado académico de magister en zoología con mención en ecología y conservación. Universidad Nacional mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biologicas, Unidad de Posgrado.
- Mohr, R. M. & J. K. Tomberlin. 2014. Environmental Factors Affecting Early Carcass Attendance by Four Species of Blow Flies (Diptera: Calliphoridae) in Texas. 51(3): 702-708.
- McAlpine, J. F., B. V. Peterson., G. E. Shewell., H. J. Teskey., J. R. Vockeroth & D. M. Wood. 1987. Manual of Nearctic Diptera. Volume 2. Agriculture Canada Monograph No. 28.
- Naranjo, López A. G. & J. L. Navarrete Heredia. 2011. Coleópteros necrócolos (Histeridae, Silphidae y Scarabaeidae) en dos localidades de Gómez Farías, Jalisco, México. Revista Colombiana de Entomología, 37(1): 103-110.

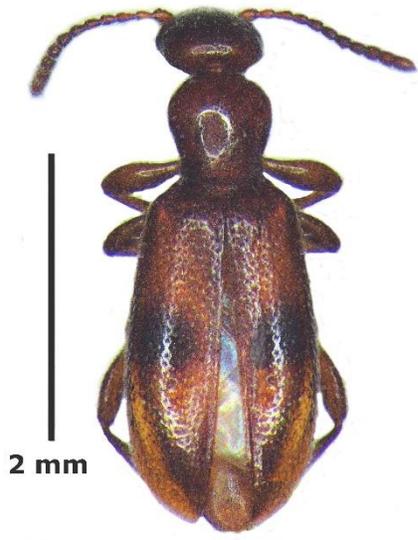
- Norma oficial Mexicana NOM-33-ZOO-2014, Sacrificio Humanitario de los animales domésticos y silvestres. <http://normateca.sagarpa.gob.mx>. Consulta: 18/08/17.
- Olaya, Másmela, L. A. 2001. Entomofauna sucesional en el cadáver de un cánido en condiciones de campo en la Universidad del Valle (Cali-Colombia). Cuadernos de Medicina Forense N° 23.
- Ordoñez, A. 2003. Plano y Axonometría de la trampa tipo Schoenly y modificada. Universidad Javeriana. Bogotá. 50 pp.
- Odoñez, A., M.D. García and G. Fagua. 2008. Evaluation of Efficiency of Schoenly Trap for Collecting Adult Sarcosaprophagous Dipterans. *Journal of Medical Entomology*, 45(3): 522-532.
- Pancorbo, de M. M., Ramos, R., Saloña, M., & Sánchez, P. 2006. Entomología Molecular Forense. *Ciencia Forense*, 8: 107–130.
- Patitucci, L. D. 2010. Muscidae (Insecta: Diptera) de la provincia de Buenos Aires. Composición específica y estacionalidad. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires.
- Payne, J.A. & E. W. King. 1970. Coleoptera asociated with pig carrion. *Entomologist's Monthly Magazine* 105 (1969): 224-232. In: *A Manual of Forensic Entomology*. Smith K. G. V. Departamet of Entomology, British Museum (Natural History). London 1986.
- Payne, J. A. 1965. A summer Carrion Study of the Baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecological Society of America*, 46(5): 592-602.
- Prado, Castro C., Daniel Chichorro., A. Serrano & M. Dolores García. 2009. A modified version of Schoenly trap for collecting sarcosaprophagous arthropods. Detailed plans and construction. *Anales de Biología*, 31: 1-6.
- Pujol, Luz J. R., P. A. da Costa Francez., A. Ururahy-Rodrigues, and R. Constantino. 2008. The Black Soldier-fly, *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae), Used to Estimate the Postmortem Interval in a Case in Amapá State, Brazil. *Journal Forensic Sciences*, 53(2): 476-8.
- Remedios, de L. M., M. Castro y E. Morelli. 2017. Artropodofauna cadavérica sobre modelos experimentales porcinos *Sus scrofa* Linnaeus 1758. (Mammalia: artodactyla) en cuatro periodos estacionales. *Entomología médica y forense*, 4: 450-555.
- Rivers, B. D y G. A. Dahlem. 2014. *The science of forensic entomology*. Editorial: Garsington Road, Oxford. 402 pp.
- Santos, W., Alves, ACF & Creão-Duarte, AJ. 2014. Beetles (Insecta, Coleoptera) associated with pig carcasses exposed in a Caatinga area, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 74(3): 649-655.
- Sanford, Michelle R., Terry L. Whitworth & Darshan R. Phatak. 2014. Human Wound Colonization by *Lucilia eximia* and *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae):

- Myiasis, Perimortem, or Postmortem Colonization? *Journal of Medical Entomology*, 51(3):716-719.
- Sanford, M. R. 2015. Forensic entomology of decomposing human and their decomposing pets. *Forensic Science International*, 247: 11-17.
- Sanchez, R. A., y G. Fagua. 2014. Analisis sucesional de Calliphoridae (Diptera) en cerdo domestico en pastizales (Cagua, Cundinamarca, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 40 (2): 190-197.
- Sarmiento, Yengle V. & S. Santos-Padilla. 2014. Sucesión entomológica asociada a procesos de descomposición en cadáveres de *Oryctolagus cuniculus* en condiciones de campo, Trujillo, La Libertad. *SCIENDO*, 17(1): 134-140.
- Scampini, E., A. Cichino., y Nestor, C. 2002. Especies de Carabidae (Coleoptera) Asociadas a Cadáveres de Cerdo (*Sus scrofa* L.) en Santa Catalina (Buenos Aires, Argentina). *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 61 (3-4): 85-88.
- Schoenly, K. G., Neal H. R., David K. M., Carine B. N., Kristie L. & Yer L. 2006. Recreating deaths a/c in the school yard: Using pig carcasses as model corpses To teach concepts of forensic Entomology & Ecological Succession. *American Biology Teacher*, 68(7): 402-410.
- Smith, K. G. V. 1986. A manual of Forensic Entomology. British Museum Natural History London. 207 pp.
- Triplehorn, C. A. & N. F. Johnson 2005. *Borror and deLong's introduction to the study of insects*. 7th Edición. Editorial: Tomson.
- Tomberlin, J. K., A. M. Albert, J. H. Byrd and D. W. Hall. 2006. Interdisciplinary workshop yields new entomological data for forensic sciences: *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae) established in North Carolina. *Journal of Medical Entomology*, 43: 1287-1288
- Valdés, Perezgasga Ma. Teresa & Fabián García-Espinoza. 2014. Dinámica de califóridos (Diptera: Calliphoridae) en tres municipios de la Comarca Lagunera en el periodo 2012-2013. *Entomología Mexicana*, 1: 345 – 350.
- Valdes, Perezgasga Ma. T., F. J. Sanchez-Ramos, O. Garcia-Martinez & Gail S. Anderson. 2010. Arthropods of Forensic Importance on Pig Carrion in the Coahuilan Semidesert, Mexico. Technical note Pathology and Biology. *Journal of forensic sciences*, 55(4): 1098-1101.
- Vasconcelos, S. D. and R. L. Salgado. 2014. First record of six Calliphoridae (diptera) species in a seasonally dry tropical forest in Brazil: Evidence for the establishment of invasive species. *The Florida Entomologist*, 97(2): 814-816.
- Villet, M.H., Richards, C.S. & Midgley, J.M. (2010) Contemporary precision, bias, and accuracy of minimum post-mortem intervals estimated using development of carrion-feeding insects. In: J. Amendt, C.P. Campobasso, M.L. Goff & M. Grassberger (eds) *Current Concepts in Forensic Entomology*, Springer, London. Pp. 109–137.

- Whitworth, Terry. 2006. Keys to genera and species of blowflies (díptera: Calliphoridae) of America North of México. Proceedings of the entomological society of Whasintong. Pp. 689-725.
- Whitworth, T. 2010. Keys to the genera and species of blowflies (Diptera: Calliphoridae) of the West Indies and description of a new species of *Lucilia* Robineau-Desvoidy. Zootaxa 2663: 1-35.
- Whitworth, T. 2014. A revision of the Neotropical species of *Lucilia* Robineau-Desvoidy (Diptera: Calliphoridae). Zootaxa, 3810: 001-076.
- Wolff, M., A. Uribe, A. Ortiz y P. Duque. 2001. Apreliminary study of forensic entomology in Medellin, Colombia. Forensic Science International, 120: 53-59.
- Yusseff, Vanegas Sohath Zamira. 2007. Efectos de la temperatura sobre el desarrollo de *Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae), dos especies importantes para la entomología forense en Puerto Rico. Maestro en ciencias en Biología Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez.

Cuadro 2. Matriz de ocurrencia de dípteros.

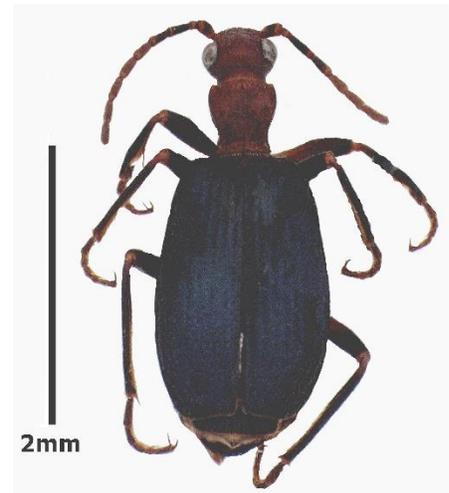
Dipteros	NOVIEMBRE																					DICIEMBRE														ENERO																			
	F	H	D.A.C	D.A.V	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
Rol ecológico																																																							
Género, Especies																																																							
Necrófago																																																							
<i>Chrysomya ruficalis</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Cochliomya macellaria</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Lucilia mexicana</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Lucilia eximia</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Chloroprocta idioidea</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Hemiteles segmentaria</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Cochliomyia minima</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Musca domestica</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Hydrotaea aeneocera</i>																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Blaesoxipha</i> spp																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Lepidodexia</i> (Neophytis)																																																							
Adultos																																																							
Necrófago																																																							
<i>Psiphila</i> spp																																																							
Adultos																																																							
Depredador																																																							
<i>Hemeta</i> spp																																																							
Adultos																																																							



Anthicidae: *Anthicus* sp.



Bostrichidae:
Amphicerus cornutus.



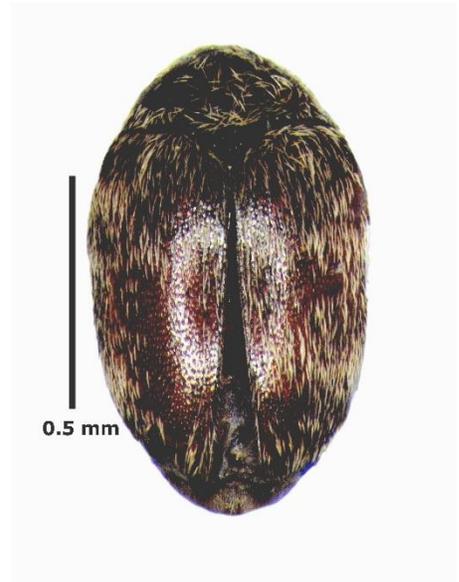
Carabidae: *Brachynus* sp.



Cleridae: *Necrobia rufipes*



Dermestidae:
Dermestes caninus



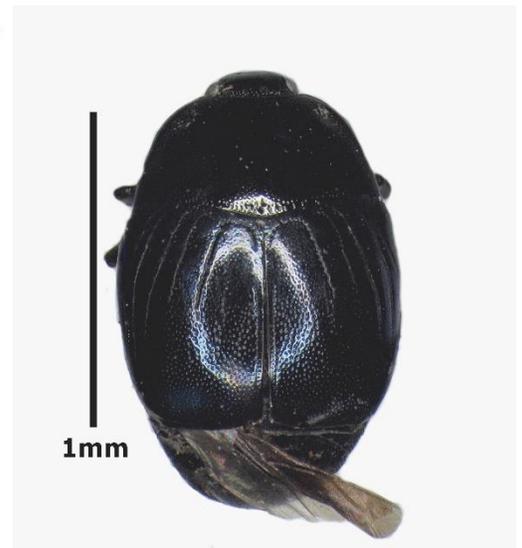
Dermestidae: *Dermestes gyphoropalum*



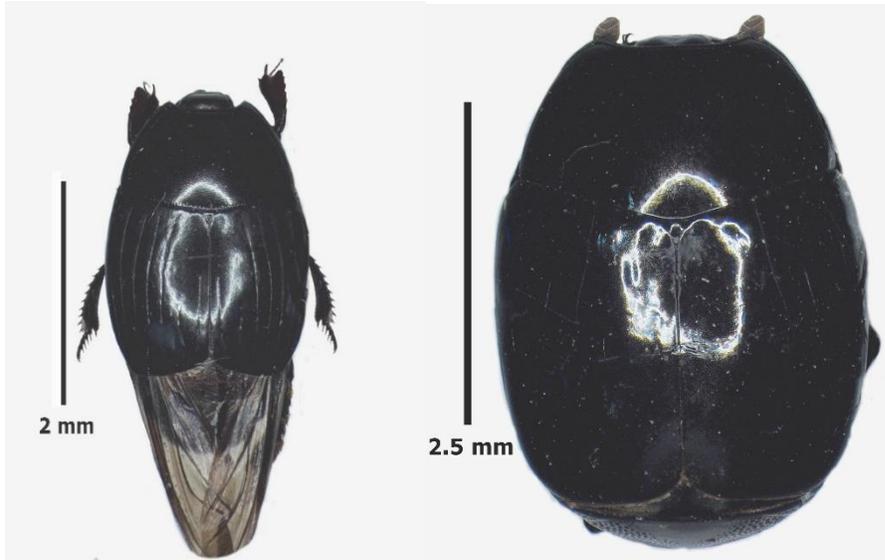
Dermestidae:
Dermestes maculatus



Dermestidae:
Dermestes talpinus

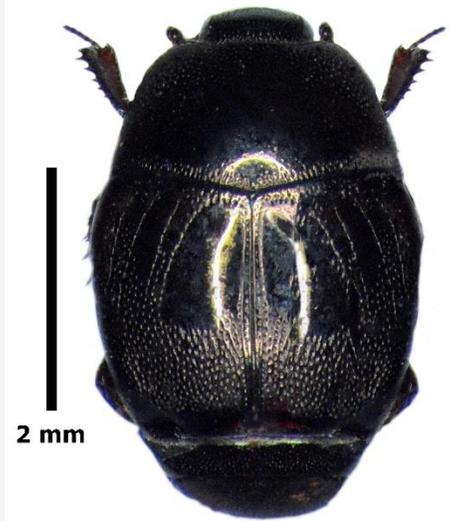


Histeridae: *Euspilotus* sp.



Histeridae: *Hister coenosus*

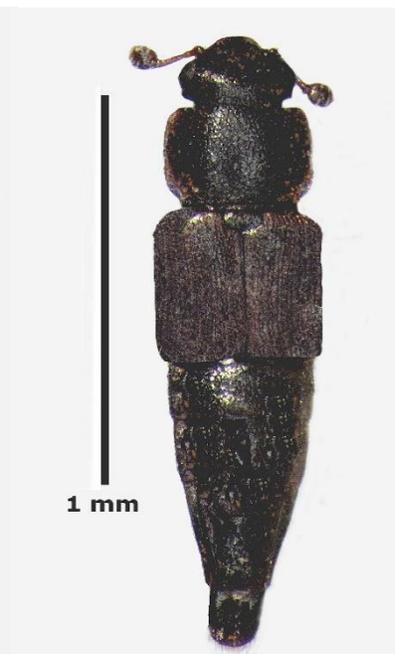
Histeridae: *Omalodes* sp.



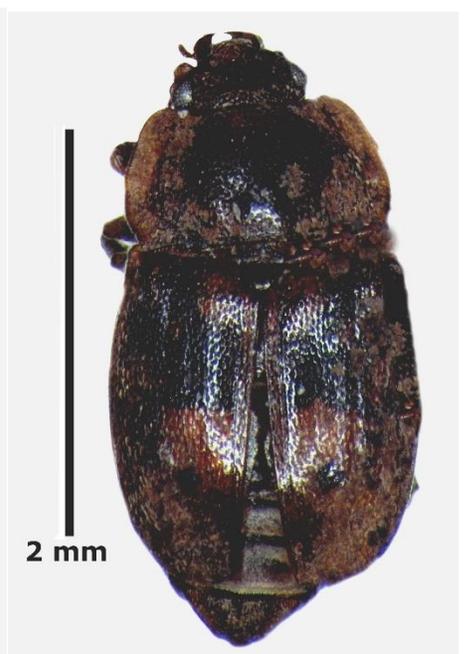
Histeridae: *Xerosaprinus* nr. *ignotus*.



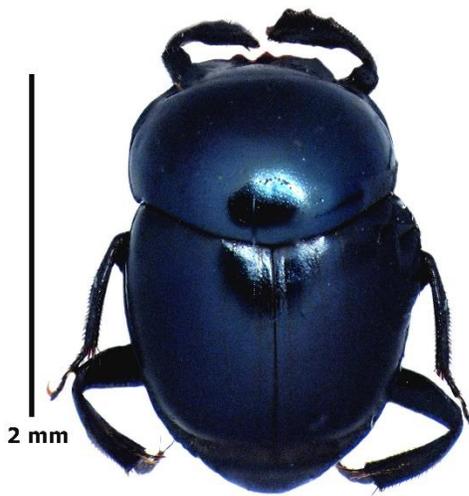
Hydrophilidae: *Paracymus* sp.



Nitidulidae: *Conotelus mexicanus*



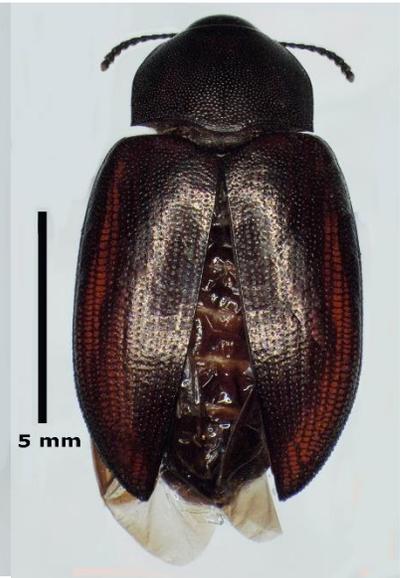
Nitidulidae: *Euparea* sp.



Scarabaeidae: *Cnathus*
nr. *Indigaceus*.



Staphylinidae:
Coproporus sp.



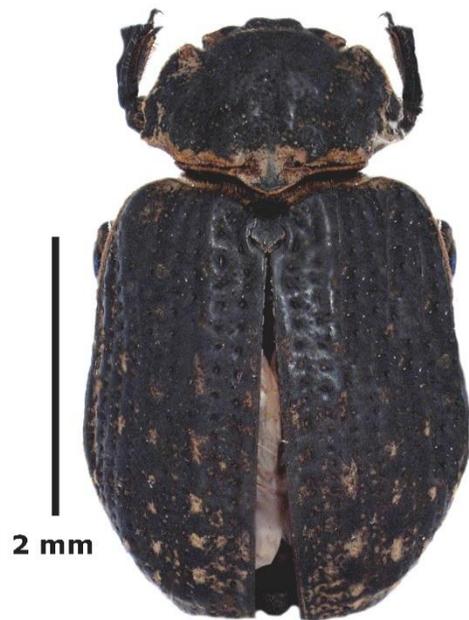
Tenebrionidae:
Epitragodes



Silvanidae: *Nausibius*
clavicornis



Trogossitidae:
Temnoscheila nr.
sallei



Trogidae: *Omorgus*
nr. *tytus*



Fotografía. Patricia. C. Campos G 2017.

Zopilote negro: *Coragyps atratus*



Fotografía. Patricia. C. Campos G 2017.

Restos observados en abril
2018