

**Entomofauna sucesional y caracterización de
las fases de descomposición cadavérica en
cerdo (*Sus scrofa domesticus* Erxleben)**

Vilma María Montenegro Castro

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Entomofauna sucesional y caracterización de las fases de descomposición cadavérica en cerdo (*Sus scrofa domesticus* Erxleben)

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrónoma en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Vilma María Montenegro Castro

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Entomofauna sucesional y caracterización de las fases de descomposición cadavérica en cerdo (*Sus scrofa domesticus* Erxleben)

Vilma María Montenegro Castro

Resumen. Los insectos necrófagos son indispensables en la descomposición rápida de cadáveres, su presencia en ellos, puede ser además usada para estimar el tiempo transcurrido desde la muerte. En este estudio se caracterizaron las fases de descomposición de un cerdo, se estudió la entomofauna sucesional en cada fase de descomposición y se creó una clave dicotómica para familias y géneros de dípteros de importancia forense. Se hicieron muestreos diarios en un cerdo desde su sacrificio hasta su descomposición completa. El cadáver se redujo a huesos y faneras en 71 días, atravesando cinco fases de descomposición. En la fase fresca (un día de duración), de hinchamiento (dos días de duración) y de descomposición avanzada (15 días de duración) predominó la mosca *Cochliomyia macellaria* (Calliphoridae). La fase avanzada se diferenció por altas poblaciones de los coleópteros *Dermestes carnivorus* y *Dermestes maculatus*. En la descomposición activa (cinco días de duración), las larvas aumentaron drásticamente y la mayoría de adultos fueron *Hydrotaea dentipes* (Muscidae). En la putrefacción seca (48 días de duración), desaparecieron los califóridos y predominó *Hydrotaea dentipes*, pero hubo más artrópodos incidentales, destacándose los colémbolos, cucarachas y ácaros. En total se identificaron 611 especímenes de 53 especies, distribuidas en 34 familias. El 72% perteneció al orden Diptera y 15% a Coleoptera. Las moscas de importancia forense con menor abundancia fueron los sarcófágidos, encontrados sólo durante la fase fresca, avanzada y seca. En el área y tiempo de estudio las moscas con mayor importancia en el cálculo del intervalo postmortem son *Cochliomyia macellaria* e *Hydrotaea dentipes*.

Palabras clave: Entomología forense, descomposición de cadáveres, insectos necrófagos.

Abstract. Necrophagous insects are fundamental in the decomposition of dead bodies, their presence being used by science to estimate the time of death. In this study, the decomposing phases of a dead pig and the successional insect fauna per phase were described; in addition, a dichotomous key for the forensically important families and genera of flies in the study area was created. Insects were collected daily from a dead pig from the moment of death until its complete decomposition. The corpse was reduced to bones in 71 days going through five stages of decomposition. During the fresh (one day), swelling (two days), and advanced decomposition stages (15 days), the fly *Cochliomyia macellaria* (Calliphoridae) was the predominant insect. The advanced phase showed high numbers of the beetles *Dermestes carnivorus* and *Dermestes maculatus* in addition to *Cochliomyia macellaria*. In the active decomposition stage (five days), maggot numbers increased drastically and most adult flies were *Hydrotaea dentipes* (Muscidae). In the dry putrefaction stage (48 days), the calliphorids disappeared and *H. dentipes* was the most abundant, more incidental arthropods were also found: springtails, cockroaches and mites. In total, 611 specimens belonging to 53 species, distributed in 34 families were found. Seventy-two percent of the insects found on the dead pig belonged to Diptera and 15% belonged to Coleoptera. In the study area, during the time of the study, the most important flies for postmortem interval estimation are *Cochliomyia macellaria* and *Hydrotaea dentipes*.

Key words: Forensic entomology, decomposition of corpses, necrophagous insects.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	39
5. RECOMENDACIÓN.....	40
6. LITERATURA CITADA.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Caracterización de las fases de descomposición del cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.....	9
2. Especies de insectos necrófilos y omnívoros de importancia forense encontrados en un cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.....	22
3. Especies de insectos necrófagos de importancia forense encontrados en un cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.....	24
4. Especies de insectos incidentales encontrados en un cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.....	30

Figuras	Página
1. Área de estudio y metodología de muestreo. (A) Ubicación del experimento; (B) trampas de caída; (C) y (D) método de colecta con red entomológica.....	5
2. Duración de las fases de descomposición del cadáver. Fase fresca: un día; hinchamiento: dos días; descomposición activa: cinco días; descomposición avanzada: 15 días; putrefacción seca: 48 días	8
3. Variación de la entomofauna a través de las fases de descomposición de un cerdo de 23 kg en la Escuela Agrícola Panamericana.....	10
4. Caracterización de la fase de descomposición fresca. (A) Estado del cerdo durante la fase fresca; (B) <i>Cochliomyia macellaria</i> en las primeras 24 horas de muerte; (C) crecimiento de masas de larvas en el ojo; (D) califóridos adultos ovipositando en el cadáver	11
5. Insectos predominantes durante la fase fresca. (A) <i>Cochliomyia macellaria</i> ; (B) cabeza de <i>Cochliomyia macellaria</i> ; (C) cabeza y pronoto de <i>Canthon cyanellus</i>	11
6. Abundancia y diversidad de necrófagos de importancia forense durante la fase fresca.....	12
7. Caracterización de la fase de hinchamiento (A) Hinchamiento del cerdo y cambio de coloración; (B) crecimiento de larvas en la boca del cadáver; (C) alteración de la fase de hinchamiento; (D) colonización del orificio provocado en el abdomen.....	14
8. Abundancia de necrófagos de importancia forense durante la fase de hinchamiento del cadáver de cerdo.....	15
9. Caracterización de la fase de descomposición activa. (A) Día 5: acción de larvas desde la zona en contacto con el suelo; (B) día 6: necrotización de	

tejidos; (C) actividad larval en tejidos internos; (D) día 7: captura de larvas en trampas de caída.....	16
10. Abundancia y diversidad de necrófagos de importancia forense durante la fase de descomposición activa del cadáver de cerdo	17
11. Moscas durante la fase de descomposición activa. (A) <i>Muscina stabulans</i> ; (B) <i>Hydrotaea aenescens</i> ; (C) Tachinidae.....	17
12. Caracterización de la fase de descomposición avanzada. (A) Día 11: población adulta de califóridos; (B) día 11: emergencia de adultos de califóridos en la vegetación; (C) día 13: costillas visibles en el cadáver; (D) día 20: estado general del cadáver.....	20
13. Abundancia y diversidad de necrófagos de importancia forense en la fase de descomposición avanzada del cadáver de cerdo.....	21
14. Características de nuevos insectos durante la fase de descomposición avanzada. (A) Élitros de <i>Dermestes maculatus</i> ; (B) <i>Hydrotaea dentipes</i> ; (C) <i>Hermetia illucens</i>	22
15. Caracterización de la fase de putrefacción seca. (A) Día 23: esparcimiento de los huesos; (B) día 65: esparcimiento de los huesos; (C) estado del cráneo a lo largo de la putrefacción seca; (D) desarrollo de hongos en la piel.....	25
16. Características de nuevos insectos durante la fase de descomposición avanzada. (A) <i>Omorgus suberosus</i> ; (B) <i>Sarcophaga</i> sp.; (C) Collembola.....	26
17. Abundancia y diversidad de dípteros de importancia forense en la fase de putrefacción seca del cadáver de cerdo.....	27
18. Variación de temperatura y número de individuos colectados en el cadáver de cerdo durante agosto–noviembre de 2017.....	32
19. Variación de humedad relativa y número de individuos colectados en el cadáver de cerdo durante agosto–noviembre de 2017.....	32
20. Resultados del muestreo de suelos en el área de estudio. Comparación de Nitrógeno, materia orgánica y carbono orgánico antes y después del experimento. N Total: nitrógeno total; MO: materia orgánica; C.O: carbono orgánico.....	33
21. Resultados del muestreo de suelos en el área de estudio. Comparación de macro y micronutrientes antes y después del experimento. Zn: zinc; Mn: manganeso; Fe: hierro; Cu: cobre; Na: sodio; Mg: manganeso; Ca: calcio; K: potasio; P: fósforo.....	34
22. Características para la identificación de dípteros de importancia forense en la Escuela Agrícola Panamericana. (A) celda discal; (B) pared postalar setosa; (C) ctenidium posteroventral apical; (D) ala de <i>Synthesiomyia</i> ; (E) prosternum espatulado; (F) setas del katepisternum sin formar un triángulo equilátero.....	39

INTRODUCCIÓN

La descomposición es un proceso natural en el que la materia orgánica animal o vegetal retorna al ecosistema. Muchas especies de animales, microorganismos y plantas forman parte importante de este proceso (Yong 2010). La estabilidad de un ecosistema depende, en parte, de la diversidad del mismo y esta se reduce, en ambientes manejados cuando hay una explotación agropecuaria excesiva (Oesterhe 2008). El ser humano ha impactado el funcionamiento de los ecosistemas terrestres a través de los cambios en el uso de la tierra y la contaminación, favoreciendo un cambio climático acelerado; este, es capaz de alterar los ciclos de vida y las interacciones entre las especies, además de favorecer la expansión de especies invasoras y un incremento de plagas (Ministerio de Medio Ambiente 2005).

Actividades económicas como la agricultura y la minería afectan negativamente la riqueza de insectos (Villada *et al.* 2017) mientras que la actividad ganadera, por ejemplo, puede favorecer algunos grupos. El aumento en la ganadería, ha generado grandes cantidades de estiércol; el aporte de nutrientes de este al suelo está íntimamente relacionado a la descomposición por la entomofauna coprófaga, en su ausencia, el estiércol no degradado queda expuesto, generando posibles problemas económicos y ecológicos (Cruz *et al.* 2012). El potencial de reciclar nutrientes del estiércol, de los insectos coprófagos, es hasta 0.7 kg de estiércol por noche (Horgan y Fuentes 2005), por lo que se consideran importantes en el retorno de la materia orgánica al suelo.

Los cadáveres también son material orgánico que comúnmente retorna al ecosistema a través del suelo y que dependen de los insectos para gran parte de su descomposición. Algunas moscas y escarabajos llevan a cabo su ciclo de vida en cadáveres, alimentándose o aprovechándose de las condiciones de estos (Yusseff 2006); este comportamiento natural ha sido aprovechado por la ciencia, haciendo uso de estos insectos para hacer entomología forense.

La entomología forense es el estudio de insectos descomponedores de cadáveres. La ciencia forense, usa a los insectos necrófagos principalmente con tres objetivos: a) estimar el intervalo postmortem de un cadáver, b) determinar si un cadáver ha sido movido y c) determinar la causa de muerte (Castelló *et al.* 2014). Los insectos se presentan al cadáver en una secuencia determinada, adicionándose durante las fases o sustituyendo a otras especies iniciales, provocando que la entomofauna tenga variaciones a lo largo del proceso de la descomposición, y es esa variación la que resulta importante para el establecimiento del intervalo postmortem.

La variación de la entomofauna se debe principalmente a una serie de cambios físicos y químicos que ocurren en el cadáver, esto resulta atractivo para diferentes insectos a través

del tiempo y permite caracterizar la descomposición en varias fases. En base a estudios forenses realizados desde 1986, la ciencia forense ha reconocido y actualmente acepta cinco fases de descomposición: fresca, hinchamiento, descomposición activa, descomposición avanzada y restos secos (putrefacción seca) (Luján 2014).

Durante la descomposición se presenta una gran diversidad de artrópodos, pero no todos tienen importancia forense. Los insectos encontrados en cadáveres se dividen en cinco grupos: los necrófagos: que usualmente colonizan el cuerpo muerto en los primeros días y presentan la mayor importancia para predecir el tiempo de muerte; necrófilos: los cuales se alimentan de los necrófagos; omnívoros: que se alimentan del cuerpo y la fauna asociada; oportunistas: que utilizan el cuerpo como refugio y los insectos incidentales (Pancorbo *et al.* 2006). Los necrófagos, necrófilos y omnívoros son los más utilizados en la entomología forense por tener un efecto directo sobre el tiempo de descomposición del cadáver.

Para hacer una estimación del intervalo postmortem, es necesario considerar las condiciones ambientales (principalmente temperatura, humedad relativa y pluviosidad), el tiempo de desarrollo de los estadios de los insectos encontrados, la ubicación geográfica y el patrón de sucesión de las especies (Armani *et al.* 2015). En conjunto, estos factores son capaces de armar una historia y establecer el tiempo de descomposición del cuerpo estudiado. Los factores mencionados anteriormente varían de una zona a otra, es por esto que los insectos de importancia forense no pueden generalizarse para cualquier ubicación; es absolutamente necesario realizar monitoreo de insectos y crear registros de las especies para cada zona.

Honduras presenta deficiencias altas en el conocimiento de su diversidad. La ausencia de este conocimiento no permite, entre muchas otras cosas, realizar planes de manejo tomando en cuenta información científica verificable para nuestra área. También es imposible hacer un adecuado manejo de plagas cuando se desconoce la diversidad y la biología de estas. Siendo este el caso de la problemática ocurrida con el gorgojo descortezador del pino en Honduras, que causó pérdidas millonarias al no conocer cómo controlarlo.

Honduras tiene altos índices de violencia, con una de las tasas de homicidio más altas en Latinoamérica, además de ser categorizado como el onceavo país más impune globalmente. Se estima que solo el 35% de los casos criminales son penalizados por la ley (Le Clercq y Sánchez 2017), principalmente, porque no es posible resolver interrogantes que permitan incriminar a los delincuentes. La investigación entomológica forense en el país se ha visto limitada principalmente por el deficiente conocimiento taxonómico y biológico de los insectos.

En Honduras se conoce la importancia de la entomología forense, constantemente se realizan investigaciones de la entomofauna sucesional utilizando cadáveres en descomposición, pero los resultados de estos estudios no son publicados. Esto se debe principalmente a que estos resultados son difíciles de interpretar, debido a la falta de literatura, capacidad taxonómica, y especímenes de referencia que faciliten la identificación de los insectos encontrados. La mayor parte de los descomponedores son moscas que, para su identificación requieren de una extensa revisión de literatura, búsqueda de descripciones

de especies a las que es difícil acceder y el uso de claves dicotómicas, frecuentemente en idioma extranjero, con un formato complicado para el investigador.

Por esta razón se realizó un estudio de los insectos descomponedores de cadáveres en busca de contribuir a la entomología forense de Honduras, a través de información sobre el comportamiento y taxonomía de algunas especies de dípteros y coleópteros. Este estudio estuvo orientado en conocer la diversidad de la entomofauna sucesional encontrada en un cadáver, enfocándose en:

- Caracterizar las fases de descomposición de un cadáver.
- Caracterizar los insectos de importancia forense para cada fase de descomposición.
- Crear una clave dicotómica para familias y géneros de Diptera que facilite el proceso de identificación de las moscas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó del 22 de agosto al 2 de noviembre del 2017 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, localizada a 30 km de Tegucigalpa, Honduras. El sitio, conocido como El Ciruelo, está ubicado aproximadamente a 400 metros de la Quebrada El Gallo a 800 msnm y cuenta con una temperatura y precipitación promedio anual de 24°C y 1110 mm respectivamente. El área donde se ubicó el cerdo es un terreno plano cultivado con pasto destinado a la alimentación de bovinos (Figura 1). Esta zona contiene pocos árboles, los rayos del sol llegan directamente a la superficie del suelo la cual está compuesta principalmente por pasto, malezas y estiércol bovino.

Modelo animal. Se utilizó un cerdo (*Sus scrofa domesticus*) macho, de raza Landrace de 23 kg de peso. Este animal se obtuvo vivo de la granja porcícola de la Escuela Agrícola Panamericana y posteriormente fue trasladado a El Ciruelo. El cerdo fue sacrificado con un proyectil de arma de fuego en el cráneo, bajo la aprobación de las autoridades de la Escuela Agrícola Panamericana y según protocolos standard (Jenson y Miller 2001; Peñaloza y Oliva 2013). El cerdo fue puesto directamente sobre el suelo y protegido con una jaula para evitar la depredación de otros animales. La jaula (1.5m × 1.5m × 0.5m) fue elaborada con varillas de hierro e incluía una tapa desplegable en la superficie, con el fin de facilitar el muestreo (Figura 1). La toma de muestras inició a las 24 horas de muerte del animal y se realizó diariamente hasta la total descomposición del animal.

Muestreo. Se utilizó una red entomológica para coleccionar los insectos sobrevolando el cadáver o posados sobre este, haciendo jamazos durante 10 minutos diariamente y depositando los especímenes en un frasco con etanol al 70%. Los frascos utilizados fueron etiquetados con el número y fecha de colecta. También se realizaron colectas manuales, utilizando guantes de látex, con el fin de muestrear todas las especies de insectos que se observaban sobre y alrededor del cadáver. Se realizó una colecta de larvas, almacenándolas vivas en un recipiente ventilado con carne molida de res, para criar en el laboratorio hasta que emergían los adultos. Adicionalmente, cuatro trampas de caída se distribuyeron alrededor de la jaula (Figura 1). Todas las colectas se realizaron diariamente entre 11:30 am y 12:00 pm por la duración del experimento.

Curaduría. Los insectos se procesaron en el Laboratorio de Entomología de Zamorano, donde se realizó un montaje semanal, organizando los especímenes por número de colecta. Posteriormente, se hizo el etiquetado de colecta de cada individuo y se almacenaron en el laboratorio durante todo el proceso de identificación de especies y análisis de datos.



Figura 1. Área de estudio y metodología de muestreo. (A) Ubicación del experimento; (B) trampas de caída; (C) y (D) método de colecta con red entomológica.

Identificación. La identificación de las familias de Diptera se realizó con la clave para adultos de Buck *et al.* (2009). Los géneros de Muscidae se identificaron a través de la clave de Savage y Vockeroth (2010) y se comparó con claves dicotómicas o descripciones adicionales. *Bithoracochaeta* (Muscidae) se comparó con la descripción de Hockett (1934) y *Muscina* (Muscidae), con la descripción de Snyder (1955). La identificación de *Hydrotaea* (Muscidae) se hizo en base a la clave de Carvalho y Mello-Patiu (2008), apoyado con la diagnosis de Qi Xue *et al.* (2007).

Para los géneros de califóridos (Calliphoridae) se utilizó la clave de Vargas y Wood (2010), las especies se identificaron según Whitworth (2010), comparándose con Amat y Wolff (2008). La identificación de los géneros de sarcófagidos (Sarcophagidae) fue realizada usando la clave de Pape y Dahlem (2010); los especímenes identificados como

Dexosarcophaga (Sarcophagidae) fueron comparados con la descripción de Mello-Patiu y Pape (2000). *Blaesoxipha*, *Rettenmeyerina*, *Sarcofahrtiopsis* y *Titanogrypa*, todos Sarcophagidae, fueron contrastados con el Catálogo de Sarcophagidae del mundo, que contiene las descripciones de Pape (1996). La identificación de los sarcófagos a nivel de especie fue imposible debido a que no se hizo la extracción de genitalia.

Los escarabajos (Coleoptera) fueron identificados por comparación con el material de referencia de la Colección Entomológica de Zamorano. Los insectos restantes, considerados como incidentales en el estudio, fueron identificados únicamente a nivel de familia utilizando la clave de Triplehorn y Johnson (2005).

Caracterización de insectos. De acuerdo a Joseph *et al.* 2011, en los cuerpos en descomposición se pueden encontrar insectos de cuatro diferentes hábitos: i) necrófagos: alimentándose directamente de la carroña; ii) necrófilos: actuando como depredadores y parásitos de las especies necrófagas; iii) especies omnívoras: alimentándose de la carroña o de otros artrópodos y iv) otras especies que utilizan al cadáver como una extensión de su ambiente (incidentales). Las primeras tres categorías, se consideran de importancia forense (Carvalho *et al.* 2000).

Muestreo de suelos. Se realizó un muestreo de los primeros 20 cm de suelo en el interior de la jaula, antes y después del experimento, con el fin de conocer si existía aporte de nutrientes de un cadáver en descomposición colocado sobre la superficie del suelo. Para el muestreo se utilizó un barreno, el día en que se sacrificó el cadáver, se tomó la primera muestra en la parte central de la jaula, donde sería colocado el cerdo. Después de finalizada la descomposición, se siguió el mismo procedimiento de muestreo. Ambas muestras fueron entregadas al Laboratorio de Suelos de Zamorano, donde se les practicó un análisis de macronutrientes, micronutrientes y pH.

Fotografías. Se realizaron capturas fotográficas a lo largo del proceso de descomposición. Algunas características indispensables para la identificación de los insectos se fotografiaron a través del estereoscopio usando un teléfono celular. Algunas fotografías de moscas (Diptera) y escarabajos (Coleoptera) usadas en el documento fueron obtenidas usando una búsqueda en Google Imágenes, filtrando las imágenes de libre reutilización con modificaciones.

Clima. El registro de las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa, pluviosidad, radiación solar, nubosidad y el microclima es importante cuando se va a estimar el intervalo postmortem (Yusseff 2006). Estas variables ambientales pueden acelerar o retrasar la descomposición de los restos, haciendo que la entomofauna varíe de una zona a otra (Sánchez y Fagua 2014). La toma de muestras se complementó con datos obtenidos de la estación climatológica de la Escuela Agrícola Panamericana. La estación envía un registro automático cada 30 minutos, todos los días del año. Para este estudio se realizó un promedio de todos los datos para los factores: temperatura promedio, humedad relativa y precipitación.

Análisis de datos. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando estadística descriptiva, a través de la construcción de gráficos y cuadros con el fin de resumir la información y analizar el comportamiento de la entomofauna a lo largo de las fases de descomposición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fases de descomposición

Desde la muerte del animal hasta su reducción a huesos y faneras, se observaron cinco fases de descomposición: fresca, hinchamiento, descomposición activa, descomposición avanzada y putrefacción seca (Cuadro 1 y Figura 2). La caracterización de las fases se hizo de acuerdo al estudio de insectos en un cadáver de cerdo en condiciones de campo por Salazar-Ortega (2003) y un estudio de entomofauna cadavérica en áreas boscosas por Luján (2014). Los insectos predominantes en el cadáver durante todo su proceso de descomposición fueron moscas (Diptera) (Figura 3) de las familias Calliphoridae, Muscidae y Sarcophagidae, representando estas un 32%, 27% y 7% del total de la entomofauna recolectada durante el estudio, respectivamente.

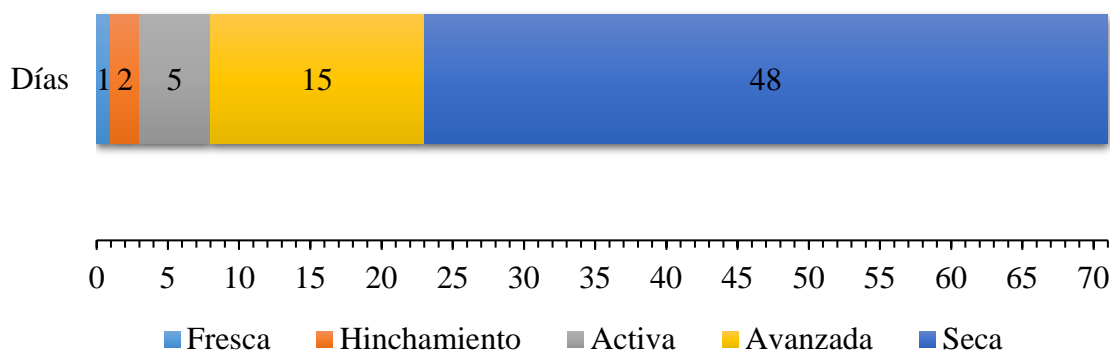


Figura 2. Duración de las fases de descomposición del cadáver. Fase fresca: un día; hinchamiento: dos días; descomposición activa: cinco días; descomposición avanzada: 15 días; putrefacción seca: 48 días.

La descomposición completa del cerdo de 23 kg duró 71 días en las condiciones del estudio (época de lluvias). En Centroamérica no se han realizado estudios de las variaciones en el tiempo de descomposición en base a la época del año; en Colombia se han utilizado cerdos de 19 kg, sometiéndolos a descomposición en zonas de pastizales a 20°C y el tiempo de descomposición ha sido hasta de 190 días (Sánchez y Fagua 2014); en Argentina, se ha encontrado que un cerdo de 16 kg necesita 100 días para descomponerse y este tiempo puede reducirse a 64 días en época de verano (Armani *et al.* 2015). En Perú han experimentado con cerdos de 23–25 kg, durante todas las épocas del año, muestreando los

primeros cadáveres durante el verano, otoño e invierno y la duración fue de 40–47 días, mientras que el cadáver muestreado durante primavera, verano y otoño se descompuso completamente en 100 días (Murrugarra 2016).

Cuadro 1. Caracterización de las fases de descomposición del cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.

Fase	Duración (días)	Características relevantes
Fresca	1	Rigor mortis en mandíbula, cuerpo frío al tacto, mitad superior del cuerpo rojiza y mitad posterior pálida, distensión en la parte ventral del cuello, dilatación de la pupila. Predomina la mosca <i>Cochliomyia macellaria</i> .
Hinchamiento	2	Inicia con el hinchamiento de la cavidad corporal por la acumulación de gases, hay desarrollo de larvas en boca y ano, rigor mortis en todo el cuerpo (rigidez de tejidos), parche de color morado en el área abdominal. Predomina el múscido <i>Hydrotaea dentipes</i> .
Activa	5	Desde la reducción en la hinchazón hasta la desaparición de larvas de dípteros. Necrotización de tejidos. Aumento drástico en las masas de larvas y los adultos predominantes son <i>Hydrotaea dentipes</i> .
Avanzada	15	Desde la desaparición de larvas de díptera hasta la esqueletización completa de la cabeza. Fuertes olores putrefactos, remoción del tejido interno. Aparición de derméstidos, predomina nuevamente la mosca <i>Cochliomyia macellaria</i> .
Putrefacción seca	48	Desde la desaparición de califóridos hasta la reducción a huesos y faneras, extrema reducción de la biomasa del cadáver, desarticulación del esqueleto, aparición de cucarachas, ácaros y arañas.

Fase fresca. Inició a partir de la muerte del cerdo (22/VIII/2017 a las 4:00 pm) y finalizó después de transcurridas 24 horas cuando inició el hinchamiento de la cavidad corporal (Figura 2). Desde las primeras horas, se encontraron moscas ovipositando en la herida de bala y en la boca, a las 19 horas de la muerte, esto se convirtió en masas de larvas en los primeros estadios de desarrollo.

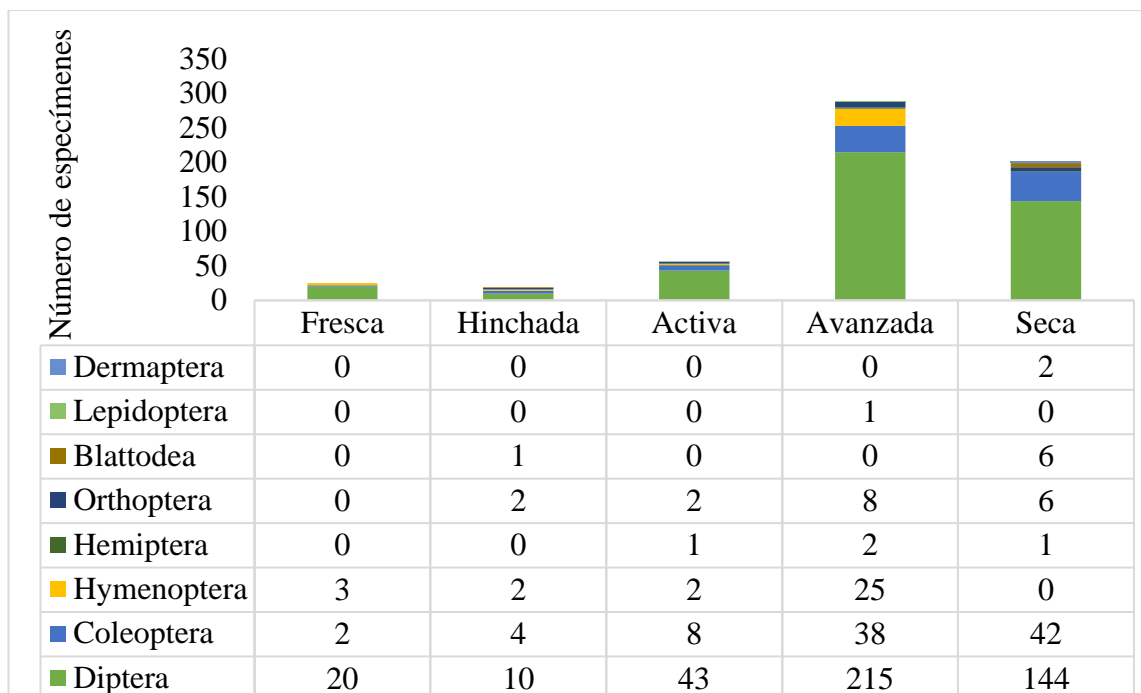


Figura 3. Variación de la entomofauna a través de las fases de descomposición de un cerdo de 23 kg en la Escuela Agrícola Panamericana.

El cuerpo no mostró rigidez completa, pero se observó rigor mortis en la mandíbula, el cuerpo era frío al tacto y ocurrió un cambio de coloración; la mitad superior estaba rojiza, mientras que la zona posterior tenía una apariencia pálida, probablemente debido a la pérdida de sangre durante la muerte. También ocurrió la distensión de la parte ventral del cuello y las pupilas se dilataron. Los califóridos fueron los primeros insectos necrófagos en colonizar el cadáver (Figura 4).

La mayoría de los insectos durante la fase fresca son moscas (Diptera) (Figura 3). El 90% de los especímenes adultos de importancia forense colectados durante esta fase pertenecieron a la mosca *Cochliomyia macellaria* F. (Figura 5), un 5% perteneció al sarcófago *Dexosarcophaga* Townsend y el 5% restante fue el escarabajo *Canthon cyanellus* LeConte (Figura 6). En Centroamérica han sido registradas tres especies del género *Cochliomyia*: *C. hominivorax* Coquerel, *C. macellaria* y *C. aldrichi* DelPonte (Vargas y Wood 2010). En su estado inmaduro, *Cochliomyia hominivorax* es conocido como el gusano barrenador del ganado, un parásito obligado de animales, causante de miasis y, por lo tanto, grandes pérdidas económicas al sector ganadero. Durante más de 45 años se realizó investigación, en varios países, en supresión y erradicación de *Cochliomyia hominivorax* a través de la liberación de machos estériles. La erradicación dio resultado rápidamente, por la condición de reproducción de esta especie, en la cual la hembra se aparea una sola vez y el macho puede hacerlo varias veces (Forero *et al.* 2008). Actualmente esta mosca está erradicada en Honduras, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, México, Estados Unidos, Belice y una parte de Panamá (Vargas *et al.* 2005).



Figura 4. Caracterización de la fase de descomposición fresca (A) Estado del cerdo durante la fase fresca; (B) *Cochliomyia macellaria* en las primeras 24 horas de muerte; (C) crecimiento de masas de larvas en el ojo; (D) califóridos adultos ovipositando en el cadáver.

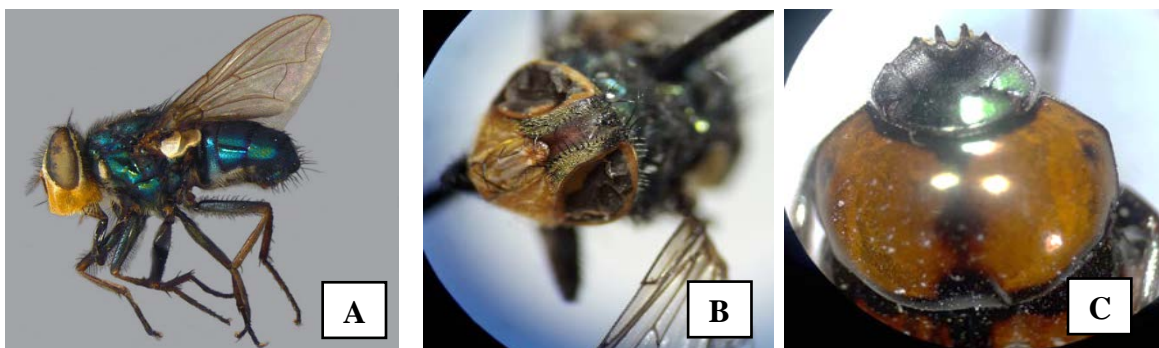


Figura 5. Insectos predominantes durante la fase fresca. (A) *Cochliomyia macellaria*; (B) cabeza de *Cochliomyia macellaria*; (C) cabeza y pronoto de *Canthon cyanellus*.

La colección entomológica de Zamorano posee 16 especímenes hondureños de *C. hominivorax*, siendo el espécimen más recientemente colectado encontrado en la Escuela Agrícola Panamericana en 1996. Además de *C. hominivorax*, la colección cuenta

únicamente con dos especies más de la familia Calliphoridae; por lo que este estudio representó un crecimiento de 200% en número de especies y 142% en cantidad de especímenes.



Figura 6. Abundancia y diversidad de necrófagos de importancia forense durante la fase fresca.

Cochliomyia macellaria (Figura 5) también está asociada con miasis, siendo conocida como el gusano barrenador secundario del ganado. Esta mosca posee importancia forense por colonizar cuerpos durante la mayor parte de las fases de descomposición; en Brasil, donde es bastante común el uso de entomología forense, *C. macellaria* se considera uno de los principales insectos útiles para estimar el intervalo postmortem en el neotrópico (Álvarez *et al.* 2017).

Cochliomyia macellaria estuvo presente diariamente, desde la hora de la muerte hasta los primeros días de la descomposición avanzada (1–22 días después de la muerte, 31% de la duración total de la descomposición). Solo dos especímenes fueron colectados durante la putrefacción seca. *Cochliomyia macellaria* es una especie nativa del continente americano, actualmente está siendo desplazada por la migración del califórido depredador *Chrysomyia Robineau-Desvoidy* (Iannacone 2003). Los adultos de *C. macellaria* se caracterizan por tener setas pálidas fuera de la columna de setas frontales (Whitworth 2010) y ojos que cubren la mayor parte de la cabeza (Byrd 1998).

Durante esta fase se observó el primer sarcófago en el cadáver, *Dexosarcophaga sp.* En Centroamérica han sido registradas 16 especies de este género, aunque se considera que hay muchas especies pendientes por incluir (Pape y Dahlem 2010). Para la identificación de los grupos que componen la subtribu *Dexosarcophagina* resulta esencial la extracción de la genitalia, ya que según Pape (1996) la identificación se basa principalmente en la morfología del phallus de los machos.

Las larvas de *Dexosarcophaga* pueden habitar en termiteros y hormigueros. Durante su estado adulto, esta mosca es completamente necrófaga y ha sido encontrada en pequeños mamíferos en descomposición (Buenaventura *et al.* 2009). Este género se caracteriza por tener setas en la pared postalar y tener setas postgenales de color negro en su mayoría. En

los machos se observa un ctenidium con espinas en el mesofémur, terminalia negra y el quinto esternito con forma de “V”. En las hembras, el octavo terguito está ampliado y truncado ventrolateralmente y se conecta medialmente por una barra gruesa (Mello-Patiu y Pape 2000).

Se colectó el escarabajo coprófago *Canthon cyanellus* al borde de la cola del cerdo. Este insecto fue capturado arrastrando una bola de sangre del cerdo muerto. Esta especie tiene la cabeza de color pardo muy oscuro o negro con reflejos verdes en la parte dorsal, el pronoto es amarillo con los bordes pardo oscuro o negro (Figura 5), los élitros son amarillos con bordes negros y el borde superior de la cabeza tiene cuatro dientes. *Canthon cyanellus* tiene una amplia distribución, abarcando Honduras, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Trinidad, Colombia, Venezuela, Brasil, Ecuador, Perú, México y Estados Unidos (Solís y Kohlmann 2002).

Escarabajos del género *Aphodius* Illiger fueron encontrados durante todos los estados de descomposición del cadáver. Algunos estudios forenses prefieren excluir los grupos de insectos encontrados durante todo el proceso de descomposición, ya que, sino presentan variaciones en su frecuencia, la información que generan no resulta importante para crear el estimado del intervalo postmortem (Matuszewski *et al.* 2008). La actividad de este insecto sobre el cadáver no puede definirse, *Aphodius* incluye un gran número de especies con un amplio espectro alimenticio, conociéndose algunos saprófagos como *Aphodius granarius* (Castillo 2002) y otros necrófagos como *Aphodius pseudolivinus* (Zanetti 2015).

Desde que el cerdo muere, también se observaron avispas de la familia Vespidae sobrevolando el cadáver. Estos véspidos pueden actuar como necrófilos al depredar insectos necrófagos en el cadáver o acelerar el proceso de descomposición cuando actúan como necrófagos, sin embargo, su comportamiento en el cadáver depende de la abundancia y frecuencia en la que se presenten (Simões *et al.* 2013). También desde las primeras horas de la muerte, se encontraron hormigas (Formicidae), Barros de Souza *et al.* (2008) reportaron que en Brasil, las hormigas pueden ser depredadores de huevos, larvas y pupas de dípteros, por lo que regulan las poblaciones de moscas en el cadáver.

Fase de hinchamiento. El hinchamiento del cadáver duró dos días (Figura 2). Esta fase se mantuvo hasta que el cadáver perdió los gases por el rompimiento de los tejidos, originando la alta colonización de larvas. Durante esta fase hubo un aumento del volumen del cadáver, causado por la acumulación de gases en su interior y se encontraron muchos adultos depositando huevos en los orificios naturales del cerdo. El desarrollo de larvas continuó en la boca y ano (Figura 7), pero ya no se encontraron larvas en los ojos, porque las masas larvales encontradas durante la fase fresca consumieron todo el tejido de esa zona, dejando únicamente la cavidad ocular, poco atractivo para estos insectos. La temperatura del cuerpo se mantuvo fría al tacto, como en la fase anterior y ocurrió rigor mortis en todo el cuerpo, haciendo todos los tejidos mucho más rígidos. Además, apareció un parche de color morado a lo largo del área abdominal (Figura 7).

Durante esta etapa, visitantes extraños hicieron una pequeña perforación en el abdomen del cerdo utilizando una vara afilada (Figura 7), provocando el colapso de la cavidad corporal por la pérdida de los gases. Esta abertura fue colonizada rápidamente por califóridos y

posteriormente por sarcófágidos, quienes ovipositaron, dando origen a nuevas masas de larvas que se alimentaron de los intestinos del cadáver y aceleraron el proceso de descomposición. Se ha observado que la fase de hinchamiento puede ser hasta de 11 días en un cerdo de 18.75 kg en áreas de pastizales en Colombia (Sánchez y Fagua 2014); en este caso la duración fue menor, debido a esta intervención.



Figura 7. Caracterización de la fase de hinchamiento. (A) Hinchamiento del cerdo y cambio de coloración; (B) crecimiento de larvas en la boca del cadáver; (C) alteración de la fase de hinchamiento; (D) colonización del orificio provocado en el abdomen.

En esta fase de descomposición se realizó una colecta de larvas encontradas en la boca y ano, con el fin de confirmar que los insectos colectados en estado adulto eran los mismos que se encontraban en estado larval. Se colectaron 13 especímenes de *Cochliomyia macellaria* sobrevolando el cadáver, representando estos el 87% de insectos adultos de importancia forense colectados durante esta fase (Figura 8).

El restante 13%, correspondió a *Hydrotaea dentipes* (Figura 8). Esta especie fue el primer múscido (Diptera: Muscidae) del estudio. El género *Hydrotaea* es un grupo de insectos

necrófagos (Olea *et al.* 2010), de los cuales, en Centroamérica, han sido reportadas únicamente dos especies: *Hydrotaea dentipes* e *H. aenescens* (Savage y Vockeroth 2010).

Durante el hinchamiento del cadáver, *Hydrotaea dentipes* representó el total de la población de Muscidae, coincidiendo con un estudio de dípteros asociados a la descomposición de cerdos, realizado entre el 2011 y 2015, en el que concluyen que *H. dentipes* es una de las primeras colonizar los cadáveres y es capaz de adaptarse a diversidad de condiciones ambientales, por lo que puede encontrarse durante todas las épocas del año (Klimesova *et al.* 2016).



Figura 8. Abundancia de necrófagos de importancia forense durante la fase de hinchamiento del cadáver de cerdo.

Hydrotaea dentipes se puede separar de otros múscidos por las setas frontales extendiéndose hacia el triángulo ocelar (Qi Xue *et al.* 2007), la metatibia con una cerda en la mitad apical posterodorsal (calcar), los ojos se extienden bajo el nivel de la vibrisa y el mesofémur posee pelos largos en la base de la superficie ventral (Savage y Vockeroth 2010). Los machos tienen dos cerdas presuturales y cuatro cerdas postsuturales; en las hembras se observa la primera cerda orbital proclinada o reclinada. De huevo a adulto *H. dentipes* puede tomar 30 días cuando se encuentra a 16 °C, pero el ciclo de vida se acelera cuando estas moscas son sometidas a temperaturas más altas (Nourteva 1974). Durante su estado larval, *Hydrotaea dentipes* se encuentra en estiércol, material vegetal en descomposición y nidos de aves. También se ha registrado que su último estadio larval puede alimentarse de otras larvas de díptera (Matuszewski *et al.* 2008), por lo que se le atribuye una importante reducción de *Stomoxys calcitrans* (Brown *et al.* 2010).

En esta etapa aparecieron los primeros depredadores de larvas y huevos de moscas. Estos correspondieron a escarabajos de las familias Histeridae y Staphylinidae (ambos Coleoptera), y fueron observados alimentándose de larvas de dípteros en la boca del cerdo. Histeridae es uno de los grupos necrófilos más importantes encontrados en cuerpos y generalmente arriban al cadáver durante los primeros estados de descomposición (Olaya 2001) para alimentarse de larvas de califóridos (Salazar-Ortega 2003). En este estudio, fueron encontrados ocasionalmente durante todas las fases de descomposición, observándose una disminución de su población al final de la descomposición activa y al

inicio de la putrefacción seca. El género *Aphodius* fue colectado nuevamente y el grupo de insectos incidentales para esta fase estuvo formado por grillos y elatéridos (Coleoptera: Elateridae) en adición, de nuevo a hormigas.

Descomposición activa. Esta etapa duró 5 días (días 4 al 9 desde la muerte) (Figura 2). Se observó una reducción en la hinchazón del cadáver y necrotización de tejidos. Los agujeros naturales aumentaron su tamaño por la acción de las larvas alimentándose desde allí hacia el resto del cuerpo, en esta fase se observa un aumento drástico en las masas de larvas (Figura 9). Esta fase se mantuvo hasta el día que las larvas de díptera desaparecieron por completo.



Figura 9. Caracterización de la fase de descomposición activa. (A) Día 5: acción de larvas en la zona en contacto con el suelo; (B) día 6: necrotización de tejidos; (C) actividad larval en tejidos internos; (D) día 7: captura de larvas en trampas de caída.

El inicio de esta etapa estuvo marcado por la aparición de *Hydrotaea dentipes*, con una colecta inicial de 17 individuos, lo que equivale al 67% del total de especímenes de esta especie colectados durante toda la fase, el 33% restante se colectó durante los cuatro días posteriores (Figura 10). Otra especie de *Hydrotaea*, *H. aenescens* (Figura 11), apareció también por primera vez en el estudio. Esta especie puede diferenciarse fácilmente de *H. dentipes* por su cuerpo brillante y sus palpos amarillos (*vs.* palpos negros en *H. dentipes*).

Hydrotaea aenescens se reproduce en sitios de desechos humanos y sus larvas se desarrollan en la basura, no tiene importancia forense, pero se considera un importante contaminante de comida (Savage y Vockeroth 2010). *Hydrotaea aenescens* es utilizada como control biológico, ya que sus larvas pueden matar larvas de *Musca domestica* L. cuando ambas se desarrollan en el mismo hábitat (Farkas *et al.* 1998), a esto se le podría atribuir que no fue colectado ningún espécimen de moscas común durante todo el estudio.

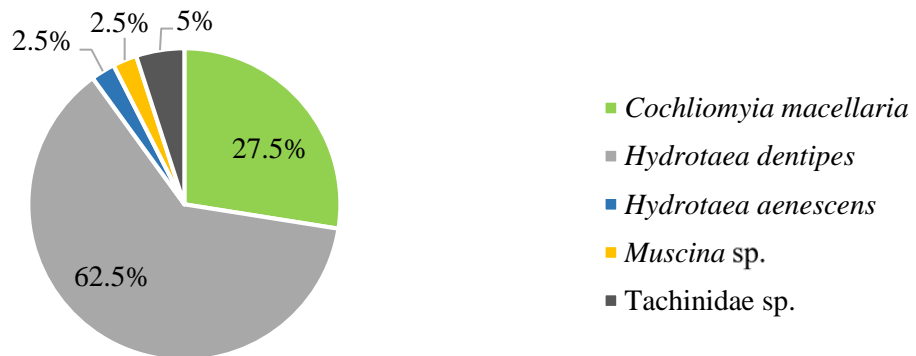


Figura 10. Abundancia y diversidad de necrófagos de importancia forense durante la fase de descomposición activa del cadáver de cerdo.



Figura 11. Moscas durante la fase de descomposición activa. (A) *Muscina stabulans*; (B) *Hydrotaea aenescens*; (C) Tachinidae.

La fase de descomposición activa duró únicamente cinco días, mientras que en Colombia se ha encontrado que un cerdo de 23 kg atraviesa esa misma etapa en 12 días, cuando la población de insectos se limita a larvas de *Lucilia*, *Chrysomya albiceps* Wiedemann y *Chrysomya rufifacies* Mcquart (Salazar-Ortega 2008). Sin embargo, estas especies no fueron encontradas en ningún momento del experimento, a excepción de *Lucilia*, colectándose un espécimen durante la putrefacción seca.

La temperatura durante la fase de descomposición activa se mantuvo entre 22–24°C. A esta temperatura, un ciclo completo de *H. aenescens* dura aproximadamente 398 horas (16 días)

(Lefebvre y Pasquerault 2004), por lo que se deduce que este espécimen llegó al sitio del experimento en estado adulto para ovipositar en el cadáver e iniciar su colonización.

Durante esta fase disminuyeron significativamente los califóridos en el cadáver, predominando las larvas de *Cochliomyia macellaria*, esta mosca se presentó en todas las etapas, a excepción de la putrefacción seca. Aunque la descomposición estuvo dominada por los estados inmaduros de moscas, con menor frecuencia se encontraron algunos adultos de *C. macellaria* sobrevolando el cadáver. Ramos-Pastrana *et al.* (2014) encontró de manera similar que las larvas de esta especie abundan, mientras que los adultos tienen una reducción repentina y notable en esta fase. El séptimo día desde la muerte (segundo de la etapa activa) se colectaron un gran número de larvas en las trampas de caída (Figura 9). Durante todo este día se observaron las pequeñas larvas de *C. macellaria* movilizándose desde el cadáver hacia afuera de la jaula y se cree que buscaban un sitio para realizar la pupación.

La población adulta de moscas durante esta etapa estuvo representada principalmente por múscidos. El género *Muscina* Robineau-Desvoidy se encontró durante esta fase, esta mosca esta predominantemente distribuida en la región paleártica; tres especies son conocidas en la región neotropical, siendo *Muscina stabulans* Fallén (Figura 11) la única conocida de Centroamérica. En *M. stabulans* los palpos y las tibias son café amarillento, las antenas tienen un área rojiza en la unión del segundo y tercer segmento antenal y la cuarta vena del ala está fuertemente curvada hacia adelante. Sin embargo, en el espécimen colectado, la cuarta vena del ala difiere a la descripción anterior y las características tienen mayor similitud a la descripción de *Muscina dorsilinea* Van der Wulp, la cual tiene patas oscuras, la entrada de la costa es levemente anterior a la punta del ala y la cuarta vena es curvada hacia adelante de manera diferente al resto de especies de *Muscina*. Aunque las características anteriores coinciden, cabe resaltar que van der Wulp realizó la descripción de la especie basado en un único espécimen hembra (Snyder 1955), de modo que podría tratarse de variación intraespecífica o de un nuevo reporte de *Muscina* para Centroamérica.

Otro múscido encontrado durante esta etapa fue *Schoenomyza aurifrons*, la única especie de *Schoenomyza* Haliday encontrada en la región centroamericana. Estas moscas se caracterizan por tener el frons más ancho que largo y la mesotibia con cerdas en la superficie ventral anterior (Savage y Vockeroth 2010). Los machos son dicópticos, el frons abarcan $\frac{1}{3}$ de la cabeza, las antenas son cortas y los palpos largos. No poseen cerdas pre alares, el proesterno no tiene setas y el katapisternum posee tres setas que forman un triángulo equilátero (Souto 1995).

Tachinidae y Richardiidae ambas aparecieron también durante esta etapa. Tachinidae es un grupo de insectos necrófagos (Stanford 2017), que inician su ciclo de vida en el interior de otros artrópodos. Son parásitos de escorpiones, arañas y algunos ciempiés, pero conforme se alimentan, las larvas se desarrollan y pueden matar al hospedero, convirtiéndose en un parasitoide (Wood y Zumbado 2010).

Tachinidae (Figura 11) se separa de otras familias de Diptera por la superficie ventral del escutelo sin setas o con setas muy finas, la arista puede ser lisa, pubescente o plumosa y la curvatura de la vena M es muy pronunciada (Buck *et al.* 2009). Richardiidae es una pequeña familia de moscas de unas 180 especies en 33 géneros a nivel mundial (Barros de Alencar

et al. 2013) que suelen encontrarse en cadáveres, aunque no son consideradas indicadores importantes para la estimación del intervalo postmortem (Carvalho *et al.* 2000).

La población de los necrófagos del género *Aphodius* se mantuvo, así como la de los omnívoros de las familias Formicidae y Gryllidae. Se capturó el primer insecto chupador, una chinche de la familia Reduviidae, a través de las trampas de caída. Estos hemípteros frecuentan cadáveres, actuando como depredadores o alimentándose directamente de líquidos de los ojos, oídos y abdomen (Olaya 2001).

Se encontraron nuevamente los depredadores de larvas (Staphylinidae e Histeridae) aunque esta vez, en bajas poblaciones, presumiblemente por el alto contenido de amoníaco que producen las larvas de califóridos, un conocido repelente sobre la mayoría de coleópteros (Salazar-Ortega 2003). Se colectó el primer insecto de la familia Apidae, estas abejas fueron colectadas sobre el cadáver.

Durante el último día de la fase de descomposición activa se observó un gran número de huevos en el área abdominal del cadáver, el oscurecimiento de tejidos continuó, siendo más pronunciado en la piel que estaba en contacto con el suelo. Esta etapa finalizó con una pluviosidad de 3.18 mm durante la noche del último día.

Descomposición avanzada. Inició el 31 de agosto y finalizó el 11 de septiembre (15 días de duración) (Figura 2). El inicio de esta etapa estuvo marcado por una desaparición de todas las larvas del cadáver, las costillas del cerdo empezaron a quedar visibles y los restos tomaron un aspecto putrefacto y necrótico. Los tejidos de las patas y cabeza del cerdo se endurecieron y tomaron una coloración rosada, a excepción del abdomen, donde los tejidos estaban suaves, formando una masa acuosa de color café (Figura 12).

Durante esta etapa se detectaron fuertes olores putrefactos y ocurrió la remoción de todo el tejido interno, observándose principalmente restos de mucílago y huesos en la cavidad corporal (Beltrán y Villa 2011). Esta etapa finalizó con la aparición de hongos sobre la sustancia acuosa y en el interior del cráneo y la esqueletización completa de la cabeza del cadáver.

La temperatura ambiental durante esta fase se mantuvo entre 23–24°C. La pluviosidad es uno de los principales factores climáticos que puede incrementar la duración de todas las fases, siendo la fase avanzada, la más afectada (Armani *et al.* 2015). Durante la fase se obtuvo una precipitación de <1 mm, sin embargo, el cadáver mantuvo un aspecto acuoso permanente, principalmente en la zona que se encontraba en contacto directo con el suelo.

La reducción de la población de inmaduros en el cadáver trajo consigo el aumento de califóridos adultos, específicamente de *Cochliomyia macellaria* al igual que en las dos primeras fases de descomposición (Figura 13). Esta fue la única especie característica de esta fase, colectándose únicamente un espécimen que no pudo ser identificado. Dos días después de la ausencia total de larvas en el cadáver, se observó una alta emergencia de califóridos, estas moscas fueron el producto de las larvas que estuvieron migrando el séptimo día después de la muerte (durante la descomposición activa).



Figura 12. Caracterización de la fase de descomposición avanzada. (A) Día 11: población adulta de califóridos; (B) día 11: emergencia de adultos de califóridos en la vegetación; (C) día 13: costillas visibles en el cadáver; (D) día 20: estado general del cadáver.

Estas moscas se ubicaron principalmente en el pasto que rodeaba la jaula, mostrándose una población menor dentro de la jaula y sobre el cadáver. Las moscas alojadas en la vegetación, desaparecieron por completo después de cinco días y dieron paso a nuevas larvas que colonizaron las patas y el área del lomo que aún no había sido descompuesto, debido a que las etapas de descomposición pueden presentarse simultáneamente en distintas zonas del cadáver (Salazar-Ortega 2003).

Se observó el primer derméstido (Coleoptera: Dermestidae) sobre el cadáver; estos insectos son necrófagos, aunque también se alimentan del tejido seco de algunas plantas. Se consideran indicadores del intervalo postmortem, sobre todo cuando se descubren cadáveres esqueletizados o momificados (Bonacci *et al.* 2017) ya que estas son las últimas fases de descomposición y los restos son adecuados para la alimentación de los derméstidos. La familia Dermestidae estuvo representada durante esta fase por *Dermestes carnivorus* Fabricius, con un total de ocho especímenes colectados y un espécimen de *Dermestes maculatus* DeGeer.

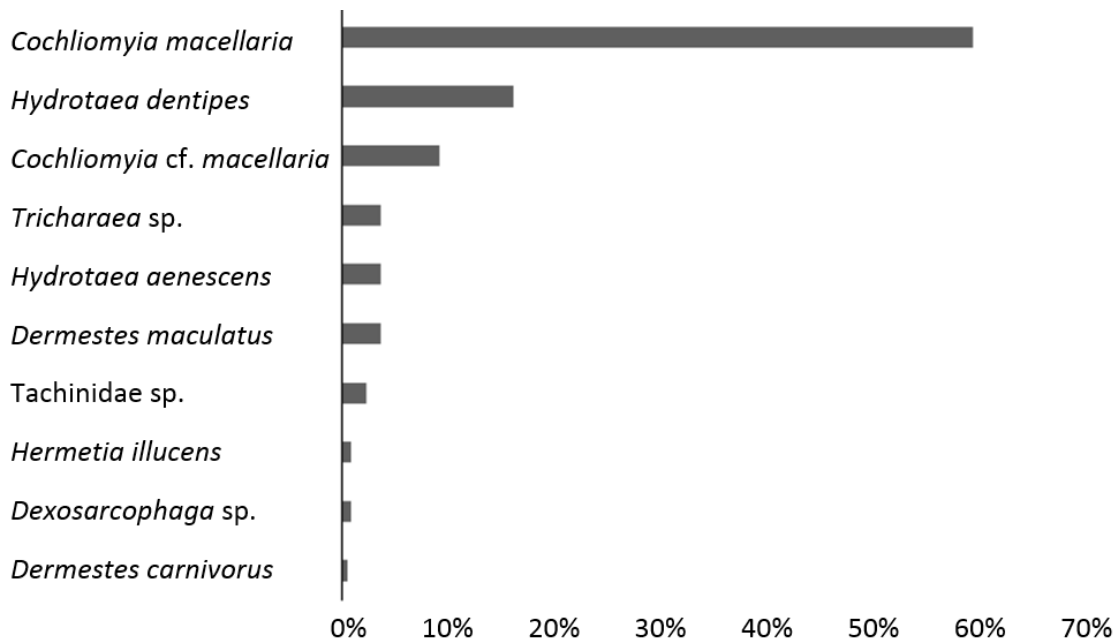


Figura 13. Abundancia y diversidad de necrófagos de importancia forense en la fase de descomposición avanzada del cadáver de cerdo.

Dermestes carnivorus se caracteriza principalmente por el abdomen blanco ventralmente, encontrándose algunos puntos negros en los lados, pero no se observa una mancha negra en el último segmento abdominal. Sus élitros son de color pardo rojizo en la mitad anterior y la mitad posterior es pardo oscuro, los pelos son negros a excepción de una banda de pelos dorados ubicada en el borde anterior de los élitros. En el caso de *D. maculatus*, la identificación se basa principalmente en la presencia de un diente puntiagudo en la línea media, al extremo de cada élitro (Figura 14) (Haines y Rees 1989).

Los derméstidos atraviesan un estado larval de 5–15 semanas, según el alimento disponible o temperatura, seguido de un estado de pupa con duración de dos semanas (Kulshrestha y Satpathy 2001). En el caso de *Dermestes maculatus*, el desarrollo y sobrevivencia de los estados inmaduros es óptima a 35°C, sin embargo, el desarrollo de los huevos se acelera con el incremento de temperatura (Richardson y Lee 2001). Generalmente, *Dermestes maculatus* completa su ciclo de vida en cadáveres descompuestos secos y suelen alcanzar altas poblaciones en el cadáver, debido a una feromona de agregación que liberan a través de las heces cuando detectan una fuente de alimento, que permite congregarse a adultos y larvas (Archer y Elgar 2007).

Durante esta fase también inició la actividad del escarabajo *Necrobia cf. rubicollis* (Chrysomelidae) (Cuadro 2). Esta especie es de importancia forense (Barros de Souza *et al.* 2008) y ha sido encontrada actuando sobre cadáveres de cerdos en las fases avanzadas de descomposición (Desuó *et al.* 2010). Esta especie se caracteriza por tener la cabeza, pronoto y la base de los élitros de color rojizo a café, el resto de los élitros es de color azul metálico y su longitud total es de 4.77 mm aproximadamente (Almeida y Mise 2009). Estos

crisomélidos se encontraron principalmente en el interior del cráneo y en las patas del cadáver, mismo lugar donde se alojaban la mayor parte de larvas de derméstidos, por lo que, probablemente estaban actuando como depredadores de estos.

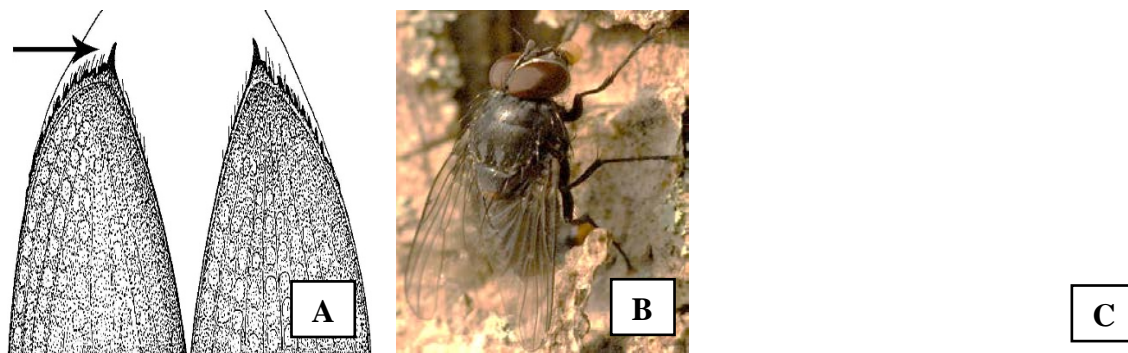


Figura 14. Características de nuevos insectos durante la fase de descomposición avanzada. (A) Élitros de *Dermestes maculatus*; (B) *Hydrotaea dentipes*; (C) *Hermetia illucens*.

Cuadro 2. Especies de insectos necrófilos y omnívoros de importancia forense encontrados en un cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.

Orden	Especie	Hábito	Fases de descomposición				
			1	2	3	4	5
Coleoptera	Familia Histeridae						
	Histeridae sp.	Nl		X	X	X	X
	Familia Staphylinidae						
	Staphylinidae sp.	Nl		X	X	X	X
	Familia Cleridae						
	<i>Necrobia cf. ruficollis</i>	Nl				X	X
Hymenoptera	Familia Vespidae						
	Vespidae sp.	O	X	X	X	X	
	Familia Formicidae						
	Formicidae sp.	O	X	X	X	X	X

1: Fase fresca; 2: Fase de hinchamiento; 3: Fase de descomposición activa; 4: Fase de descomposición avanzada; 5: Fase de putrefacción seca; Nl: necrófilo; O: omnívoro.

El 12% de insectos de la colecta total para la fase de descomposición avanzada, estuvo representada por *Hydrotaea dentipes* y el 3% por *Hydrotaea aenescens* (Figura 13). Ambos fueron colectados a través de la red entomológica. Los insectos incidentales de las familias Richardiidae, Tachinidae, Gryllidae, Elateridae y Apidae se mantuvieron durante esta etapa, en las mismas densidades que en la fase de descomposición activa.

Se colectaron nuevos insectos categorizados como incidentales, siendo estos, Scutelleridae (Hemiptera), Coreidae (Hemiptera), Pyralidae (Lepidoptera) y un Scarabaeidae (Coleoptera) (*Euphoria candezei*). También fueron registrados dos múscidos que no pudieron identificarse por su pequeño tamaño. A la mitad del transcurso de esta etapa, se empezaron a observar arañas a los alrededores del cadáver, así como algunas avispas depredadoras de la familia Pompilidae.

Las moscas soldado de la especie *Hermetia illucens* visitaron el cadáver únicamente durante esta fase y fueron capturadas en estado adulto mientras estaban posadas sobre el cadáver. Estas moscas son capaces de colonizar una amplia variedad de materia vegetal o animal en descomposición y están distribuidas en el trópico en regiones de altas temperaturas (Nguyen *et al.* 2002). *Hermetia illucens* (Figura 14) se incluye en el grupo de dípteros necrófagos y tienen importancia para el estimado del intervalo postmortem (Carvalho *et al.* 2000). Estas moscas son importantes para estos estudios únicamente en estado larval, porque los adultos no se alimentan, de modo que no tienen efecto sobre el cadáver (Nguyen *et al.* 2015).

Los depredadores, Staphylinidae e Histeridae, se conservaron activos en el cadáver también en esta fase. Los vespídeos desaparecieron (un solo espécimen colectado), esto debido a la disminución de fluidos, por el avance en el deshidratado de los restos. El escarabajo *Aphodius* sp. continuó en el cadáver y se capturó el segundo espécimen de *Canthon cyanellus*, el cual ya se había presentado al cadáver durante las primeras 24 horas después de la muerte del cerdo (Cuadro 3).

Durante esta fase se adicionó a los Sarcophagidae, dos individuos de *Dexosarcophaga* sp. y seis individuos de *Tricharaea* sp. Esta última es considerada un insecto necrófago, encontrándose en cadáveres de pollos, peces y cerdos (Vasconcelos *et al.* 2015). *Tricharaea* puede ser reconocida por la combinación de las siguientes características: arista antenal plumosa, mesotibia sin cerdas anterodorsales a excepción de cerdas apicales, metacoxa con setas en la zona posterior, sutura coxopleural ausente y la vena R₁ no tiene setas en el dorso (Pape y Dahlem 2010).

El segundo día de la descomposición activa (séptimo día después de la muerte), se encontró un gran número de larvas de califóridos en las trampas de caída. Siete días después de este fenómeno, cuando el cadáver se encontró en la descomposición avanzada, se observa nuevamente la migración de las larvas desde el cadáver al exterior de la jaula, sin embargo, en esta ocasión, la población de adultos se mantuvo constante.

Fase de putrefacción seca. Esta fase duró 48 días (Figura 2), inició el día 23 después de la muerte y permaneció hasta finalizar el estudio (día 71). Se caracterizó por la extrema reducción de la biomasa del cadáver y la desaparición total de la familia Calliphoridae. El esqueleto se desarticuló casi en su totalidad y los huesos quedaron esparcidos (Figura 15), por la ausencia de tejido que los mantenga en unión. Hubo desarrollo de hongos en los restos de piel. La captura de insectos con red entomológica comenzó a dificultarse debido a que la cantidad de insectos voladores era baja predominando los rastros.

Cuadro 3. Especies de insectos necrófagos de importancia forense encontrados en un cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.

Orden	Especie	Hábito	Fases de descomposición				
			1	2	3	4	5
Diptera	Familia Calliphoridae						
	<i>Cochliomyia macellaria</i>	N	X	X	X	X	X
	<i>Cochliomyia cf. macellaria</i>	N				X	
	<i>Lucilia cluvia</i>	N					X
	Sp 1	N				X	
	Familia Muscidae						
	<i>Hydrotaea dentipes</i>	N/P		X	X	X	X
	<i>Hydrotaea aenescens</i>	N			X	X	X
	<i>Muscina</i> sp.	N			X		X
	<i>Synthesiomyia nudiseta</i>	N					X
	<i>Phaonia</i> sp.	N/S					X
	<i>Bithoracochaeta</i> sp.	N					X
	Familia Sarcophagidae						
	<i>Dexosarcophaga</i> sp.	N	X			X	
	<i>Tricharaea</i> sp.	N				X	X
	<i>Rettenmeyerina</i> sp.	N					
	<i>Blaesoxipha</i> sp.	N					
	<i>Titanogrypa</i> sp.	N					X
	Familia Tachinidae						
	Tachinidae sp.	N			X	X	X
	Familia Stratiomyidae						
<i>Hermetia illucens</i>	N				X		
Coleoptera	Familia Scarabaeidae						
	<i>Canthon cyanellus</i>	N/C	X			X	
	Familia Trogidae						
	<i>Omorgus suberosus</i>	N/C					X
	Familia Dermestidae						
	<i>Dermestes carnivorus</i>	N					X
<i>Dermestes maculatus</i>	N				X	X	

1: Fase fresca; 2: fase de hinchamiento; 3: fase de descomposición activa; 4: fase de descomposición avanzada; 5: Fase de putrefacción seca; N: necrófago; N/D: necrófago y depredador; N/S: necrófago y saprófago; N/C: necrófago y coprófago.

Los califóridos que habían estado presentes diariamente en todas las fases anteriores, son prácticamente ausentes de esta etapa excepto por dos individuos adultos de *C. macellaria* encontrados en el día 45. Además, se colectó el único espécimen del género *Lucilia*

Rovineau-Desvoidy, identificado como *L. cluvia*. Comúnmente, *Lucilia* es un pionero en la colonización de cadáveres (Salazar-Ortega 2008); en Colombia suele representar el mayor número de individuos durante todas las fases de descomposición en cadáveres de ratas (Beltrán y Villa 2011) y en Panamá se ha encontrado *L. eximia* en bajas cantidades durante fases avanzadas de descomposición en cadáveres de cerdo. En este estudio, *Lucilia* no fue característico, lo cual es similar a lo encontrado por Bermúdez y Pachar (2010) en cadáveres humanos en Panamá, donde los califóridos más comunes fueron *Chrysomya* Robineau-Desvoidy, *Cochliomyia* Townsend y *Hemilucilia*.

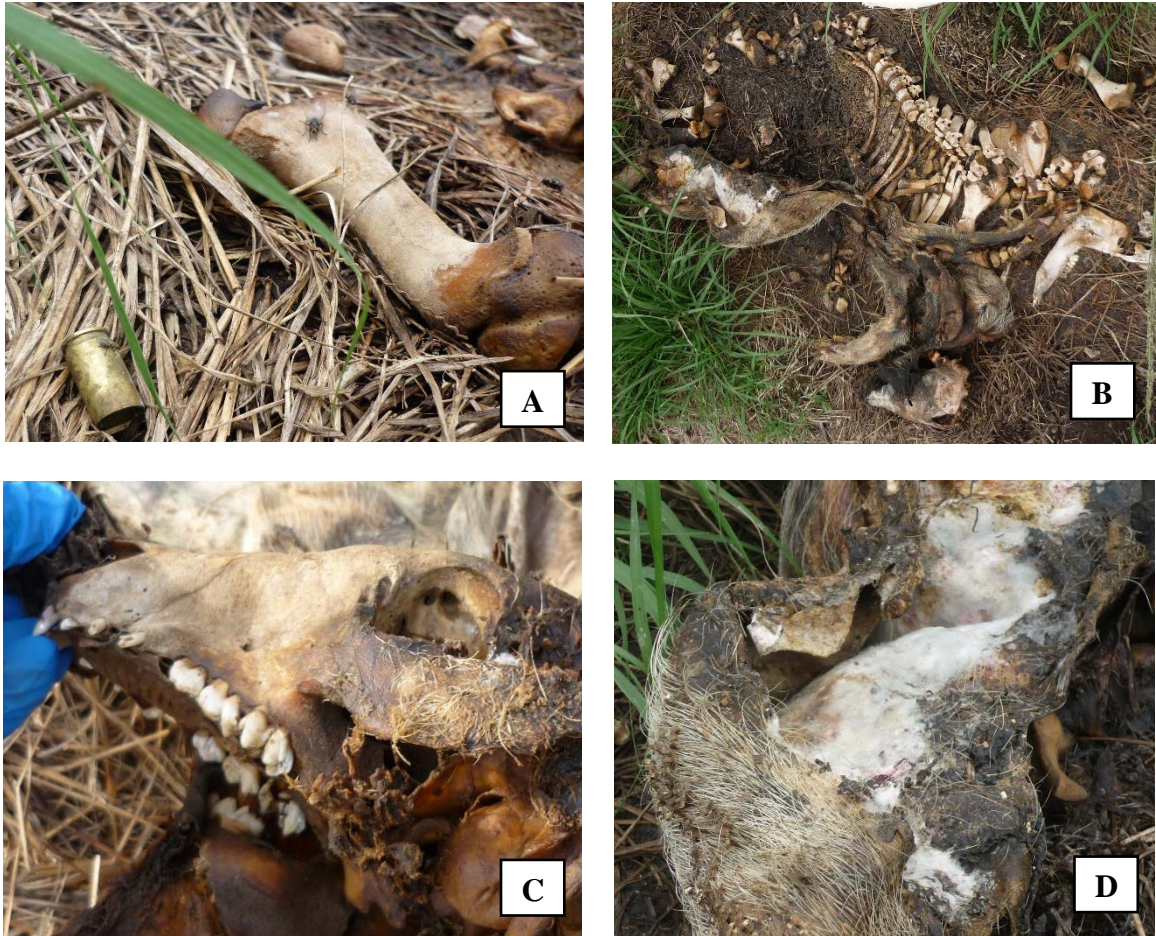


Figura 15. Caracterización de la fase de putrefacción seca. (A) Día 23: Esparcimiento de los huesos; (B) día 65: Esparcimiento de los huesos; (C) estado del cráneo a lo largo de la putrefacción seca; (D) desarrollo de hongos en la piel.

Las moscas del género *Lucilia* son de color verde, bronce o azul brillante y el calíptero inferior es liso (Whitworth 2010). *Lucilia cluvia* se caracteriza por la basicosta amarilla, machos con los ojos separadas a una distancia de 2 ½ a 2 veces el ancho del tercer segmento antenal, los calípteros son entre blanco y marrón claro, la pubescencia del esclerito subcostal es dorada (Amat *et al.* 2008), adicionalmente, *L. cluvia* puede ser reconocida por

tener las patas café oscuro o negras y por los adultos que son atraídos a frutas podridas y carroña (Byrd 2000). *Lucilia cluvia* puede encontrarse en ambientes urbanos, rurales y selva (Olea *et al.* 2012), en su estado larval, se ha encontrado alimentándose de tejidos muertos y materia orgánica en descomposición (Battán *et al.* 2016). Las larvas de *L. cluvia* emergen 27 horas después de la oviposición y el tiempo total del ciclo de vida es de 31 días, incluyendo períodos de prepupa y pupa de seis y 11 días, respectivamente. Esta especie resulta útil en la estimación del intervalo postmortem cuando se encuentra en estado larval, determinando el estadio de vida a través del tamaño de la larva, lo cual se traduce a tiempo y resulta útil para la investigación forense (Ayón *et al.* 2009).

Conforme avanza la fase de putrefacción seca, la entomofauna exhibe nuevos órdenes de insectos integrándose a la actividad del cadáver (Figura 16), mientras que la densidad poblacional se reduce notablemente. En el día 44, apareció Collembola (Figura 16) en la zona del suelo que estaba en contacto con el cadáver y se mantuvo hasta el final del estudio. Aunque estos insectos no representan un efecto directo en la descomposición del cadáver, el momento de su aparición puede ser relevante para establecer el tiempo de muerte.



Figura 16. Características de nuevos insectos durante la fase de descomposición avanzada. (A) *Omorgus suberosus*; (B) *Sarcophaga sp.*; (C) Collembola.

Desde la fase de descomposición activa, se observaron ácaros en el cuerpo de los califóridos. A partir del día 50, la densidad poblacional de los ácaros aumenta y se vuelven evidentes en toda la zona al interior de la jaula, esto coincide con la descripción de la última fase de descomposición propuesta por Arnaldos *et al.* (2010), quien afirma que durante las primeras fases de la esqueletización (última fase), aparecen ácaros que son útiles para la estimación del intervalo postmortem, siendo indicadores de largo tiempo desde la muerte.

La mayor parte de la entomofauna durante la putrefacción seca estuvo representada por múscidos (Figura 17). Se colectaron 60 *Hydrotaea dentipes* y 18 *Hydrotaea aenescens*, siendo esta fase la que presentó el mayor número de individuos de este género. *Hydrotaea aenescens* también es conocida por actuar como control biológico de *Musca domestica* (Farkas *et al.* 1998), esta última es utilizada en la estimación del intervalo postmortem, principalmente cuando el cadáver es encontrado en áreas urbanas; estas moscas ovipositan

en cadáveres principalmente cuando hay excremento o los intestinos están expuestos (Smith 1986), sin embargo, *Musca domestica* no fue encontrada en este estudio.

Se encontró el primer múscido de la especie *Synthesiomyia nudiseta* Wulp (Muscidae), la única especie del género *Synthesiomyia* que se encuentra extendida en Centroamérica (Savage y Vockeroth 2010). Anteriormente se registró otra especie en la región como *Synthesiomyia brasiliiana* Brauer y Bergenstamm, aunque más tarde fue identificada como un sinónimo de *S. nudiseta*, por lo que se considera que esta es la única especie conocida en el género.

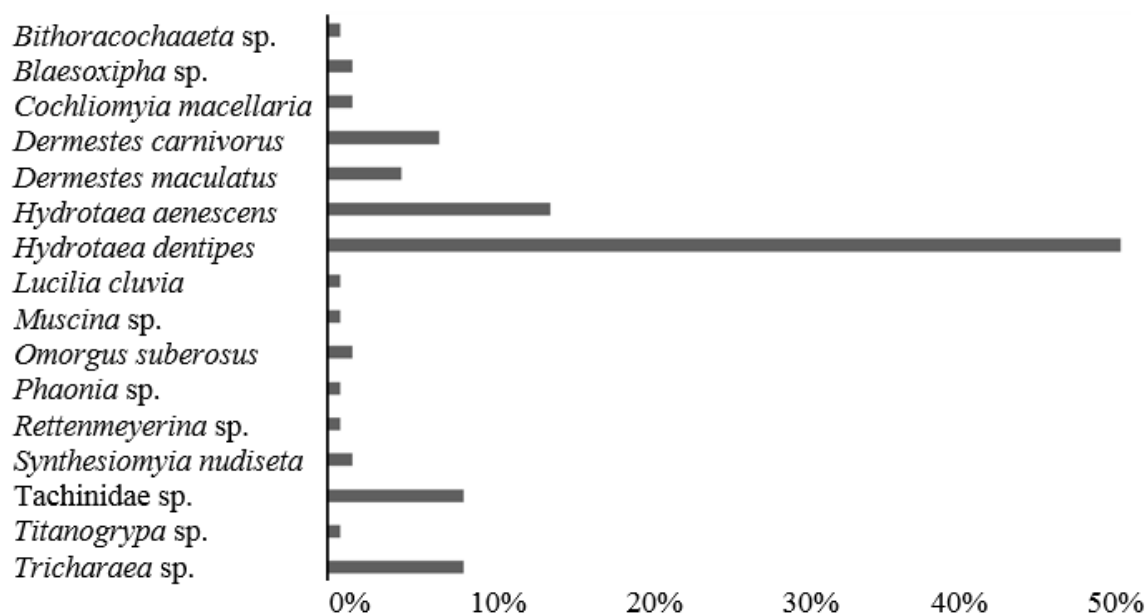


Figura 17. Abundancia y diversidad de dípteros de importancia forense en la fase de putrefacción seca del cadáver de cerdo.

Synthesiomyia nudiseta es un necrófago, por lo que se ha establecido su importancia forense. Su ciclo de vida se desarrolla en materia vegetal o animal en descomposición, incluyéndose cadáveres humanos, carroña y heces (Siddons y Roy 1942). El estado adulto emerge 27 días después de la oviposición, a 20°C (Krüger *et al.* 2002). Esta especie se caracteriza por tener 3–4 setas postsuturales dorsocentrales, el cuerpo no es de colores metálicos, la sección apical de la vena M está curvada fuertemente hacia adelante (Mello-Patiu y Carvalho 2008), adicionalmente, *S. nudiseta* tiene el prosterno con setas (Savage y Vockeroth 2010).

La mosca *Phaonia* Robineau-Desvoidy también fue característica de esta fase de descomposición. Este es un género cosmopolita que incluye más de 760 especies descritas alrededor del mundo, de las cuales, siete se encuentran en Centroamérica (Savage y Vockeroth 2010). Aunque han sido reportadas para estos países, la literatura es escasa, por lo que la identificación de las especies resulta un proceso complicado. En estado larval, este género es un carnívoro obligado, pero también suele encontrarse en materia vegetal en

descomposición, carroña y humus (Savage y Vockeroth 2010). *Bithoracochaeta* Stein fue un múscido representado también por un único espécimen. Este género se caracteriza porque la vena costa se extiende hacia el ápice de la vena M_{1+2} y el tórax tiene tres pares de cerdas postsuturales dorsocentrales. Su distribución incluye algunas zonas neotropicales de México, islas del Mar Caribe y en una parte de Sudamérica (Huckett 1934), sólo algunas especies poseen importancia forense (Mello-Patiu y Carvalho 2000).

El número de adultos de la familia Tachinidae aumentó durante la putrefacción seca (Figura 17), sin embargo, estos insectos son considerados de poca a nula importancia para la entomología forense (Vasconcelos *et al.* 2011). Al igual que en la fase de descomposición avanzada, *Tricharaea* sp. estuvo presente en el cadáver regularmente (Cuadro 3), sin un notable patrón de frecuencia en su aparición. Se considera que este género es más frecuente en las áreas forestales, comparado con zonas urbanas (Vasconcelos *et al.* 2015), aunque la mayor abundancia se observa en las zonas urbanas (Valverde *et al.* 2018).

Durante esta fase los dípteros predominantes pertenecieron a la familia Sarcophagidae; adicionándose al cadáver los géneros: *Blaesoxipha* Loew, *Rettenmeyerina* Dodge, *Sarcophaga* Meigen, *Sarcofahrtiopsis* Hall y *Titanogrypa* Townsend (Figura 17). *Blaesoxipha* incluye alrededor de 250 especies consumidoras de cadáveres pequeños y unas pocas especies se han encontrado en carroña de vertebrados grandes (Buenaventura *et al.* 2009). Estas moscas se identifican a partir de las características siguientes: pared postalar setosa, metatrocánter con una fila de espinas en la zona posterior media, machos con ctenidium en el mesofémur, cercos con espinas cortas en la parte dorsal, los styli laterales se fusionan a través del puente ventromedial próximo a la aguja medial y vejiga fálica reducida o no desarrollada (Pape 1996).

Rettenmeyerina serrata es la única especie neotropical de su género y está distribuida en toda la región centroamericana (Savage y Vockeroth 2010). Únicamente se obtuvo un espécimen, colectado el día 30. El género *Rettenmeyerina* se caracteriza principalmente por la cabeza y tórax amarillento, abdomen gris y patas sin vellosidades (Dodge 1967), la pared postalar es setosa, tienen cerdas subprimarias notopleurales, el metasterno posee setas, el tercer sector costal tiene setas en la parte ventral y el quinto esternito abdominal en los machos tiene un parche de setas en el centro (Pape 1996). La información disponible sobre la importancia forense de esta especie es casi nula para Centroamérica, sin embargo, se ha registrado que esta mosca posee hábitos necrófagos (Hidalgo 2015).

Entre los días 33 y 37 desde la muerte, se presentó el género *Sarcophaga* Meigen, del cual se conocen 18 especies a lo largo de la región centroamericana, algunas asociadas a la carroña de pequeños vertebrados, mientras que otras se conocen por depredar huevos de arañas (Brown *et al.* 2010). Con esta variación interespecífica en los hábitos de alimentación, no es posible establecer la importancia forense de esta mosca, ya que la especie no fue identificada.

Sarcofahrtiopsis Hall comprende 13 especies distribuidas desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Sudamérica, concentrándose la mayoría en Centroamérica. Aunque el hábito alimenticio de la mayor parte de estas especies es desconocido, algunas ya han sido

asociadas como necrófagos, al encontrarse en cangrejos muertos y coprófagos por ser colectados en las heces de pequeños mamíferos (Carvalho *et al.* 2017).

Durante el día 61, se encontró un sarcófago del género *Titanogrypa* Townsend, este se caracteriza por una espina costal gruesa en la unión de las venas subcosta y costa, el abdomen tiene setas negras principalmente, los márgenes del escutelo tienen un parche denso de pelos blancos. Aunque la especie no fue determinada, algunas están relacionadas a pescado descompuesto y otras como *T. luculenta* Lopes, están asociadas a cerdos en descomposición (Buenaventura *et al.* 2009).

Los coleópteros aumentaron su densidad poblacional durante esta fase, principalmente las familias Dermestidae (*Dermestes carnivorus* y *D. maculatus*) (Figura 17) y Cleridae (*Necrobia cf. ruficollis*). Los escarabajos del género *Aphodius* desaparecieron a partir del primer día de esta fase, pero se encontró un escarabajo de la familia Trogidae (*Omorgus suberosus* F.) (Figura 16).

Según Correa *et al.* (2013), *Omorgus suberosus* es nativo de Sudamérica, por lo que la presencia en Centroamérica puede considerarse el resultado de la introducción hacia estos países. Existen registros que indican que *O. suberosus* es atraído a carroña, estiércol de bovinos, heces humanas y excretas de cerdo, lo que indica un probable hábito generalista en la alimentación (Correa *et al.* 2013). En otras ocasiones se ha considerado un saprófago muy eficiente en la remoción de residuos orgánicos en playas de anidación de tortugas marinas y depredador de los embriones de estas tortugas (Rosano-Hernández y Cuauhtémoc 2002). En este caso, *O. suberosus* fue encontrado sobre el abdomen del cerdo, donde era visible el alimento concentrado que el cerdo consumió antes de su muerte.

Otro rasgo importante de esta fase fue la aparición de cucarachas la familia Blaberidae a partir del día 44 hasta el día 71, incrementando la cantidad de individuos conforme avanzaba el tiempo de descomposición. Según Benecke y Lessing (2001), las cucarachas se alimentan directamente de los cadáveres, aunque suelen ser categorizadas como omnívoras.

La familia Gryllidae se mantuvo durante toda la putrefacción seca, incrementando su población con el tiempo, al igual que las cucarachas. Los grillos son omnívoros, por lo que resultan incidentales para la entomología forense (Feugang *et al.* 2011), aunque pueden considerarse útiles porque son característicos de los últimos estados, cuando el cadáver está seco (Padonou *et al.* 2017). Otros insectos incidentales de las familias Reduviidae y Apidae también visitaron el cadáver en esta etapa (Cuadro 4), mostrándose así que no es posible utilizarlos para caracterizar una fase de descomposición, ya que se encuentran en el cadáver durante todo el proceso.

A través de las trampas de caída se estuvieron colectando tijeretas de la familia Labiduridae durante la primera semana de la putrefacción seca. Los depredadores de larvas de la familia Histeridae se encontraron en las mismas densidades de la fase de descomposición activa, sin embargo, los estafilínidos no se presentaron durante la putrefacción seca, encontrándose el último espécimen durante el primer día de esta última fase.

Cuadro 4. Especies de insectos incidentales encontrados en un cadáver de cerdo en la Escuela Agrícola Panamericana.

Orden	Especie	Fases de descomposición				
		1	2	3	4	5
Diptera	Familia Tephritidae Tephritidae sp.					X
	Familia Syrphidae <i>Ornidia obesa</i>					X
	Familia Richardiidae Richardiidae sp.			X	X	X
Hymenoptera	Familia Apidae Apidae sp.			X	X	X
	Familia Pompilidae Pompilidae sp.				X	
	Familia Sphecidae Sphecidae sp.					X
	Familia Chalcididae Chalcididae sp.				X	
	Familia Reduviidae Reduviidae sp.			X		X
Hemiptera	Familia Scutelleridae Scutelleridae sp.				X	
	Familia Cicadidae Cicadidae sp.					X
	Familia Cicadellidae Cicadellidae sp.					X
	Familia Coreidae Coreidae sp.				X	
	Familia Scarabaeidae <i>Euphoria candezei</i>				X	
Coleoptera	Familia Elateridae Elateridae sp.		X		X	
	Familia Chrysomelidae Chrysomelidae sp.					X
	Familia Curculionidae Curculionidae sp.					X
	Familia Nitidulidae Nitidulidae sp.					X

Continúa cuadro

Orden	Especie	Fases de descomposición				
		1	2	3	4	5
Orthoptera	Familia Gryllidae					
	Gryllidae sp.		X	X	X	X
Blattodea	Familia Blaberidae					
	Blaberidae sp.					X
Lepidoptera	Familia Pyralidae					
	Pyralidae sp.				X	
Dermaptera	Familia Labiduridae					
	Labiduridae sp.					X
Collembola	Collembola sp.					X

1: Fase fresca; 2: fase de hinchamiento; 3: fase de descomposición activa; 4: fase de descomposición avanzada; 5: fase de putrefacción seca.

Las avispas de la familia Vespidae se encontraron en el cerdo ocasionalmente durante la mayor parte de las fases de descomposición, pero su aparición fue nula a partir del día 30, durante la fase de descomposición avanzada (Cuadro 2). En esta fase, Formicidae se ausentó desde el final de la primera semana y apareció nuevamente en el día 60, manteniendo su actividad en el cadáver hasta finalizar el estudio. Las hormigas se observaban sobre el cadáver, especialmente en la zona del abdomen o caminando a los alrededores del cuerpo; se mantuvieron durante casi todo el experimento porque son consumidores oportunistas y omnívoros, alimentándose de la carne y en otros casos se aprovechaban de los insectos muertos.

Para la putrefacción seca, se encontraron nuevos insectos incidentales: hemípteros de las familias Cicadidae y Cicadellidae, moscas de la fruta de la familia Tephritidae, avispas de la familia Sphecidae, picudos de la familia Curculionidae, un escarabajo de la familia Nitidulidae y una mosca verde de la familia Syrphidae (*Ornidia obesa* F.); todos fueron observados en un solo muestreo y no tienen importancia forense.

Variables climáticas.

La temperatura durante el estudio osciló entre 19.3–24.8 °C, registrándose temperaturas máximas y mínimas hasta de 25.1 °C y 19.4 °C respectivamente (Figura 18). No se observaron variaciones importantes en el número de individuos que colonizaron el cadáver en relación a la temperatura, ya que las variaciones fueron mínimos durante estos meses. La cantidad de individuos colectados tiene picos y disminuciones repentinas, sin embargo, esto no puede atribuirse a la temperatura, ya que también estaban ocurriendo cambios físicos y químicos durante la descomposición, lo que podía influir sobre la cantidad de los insectos presentes.

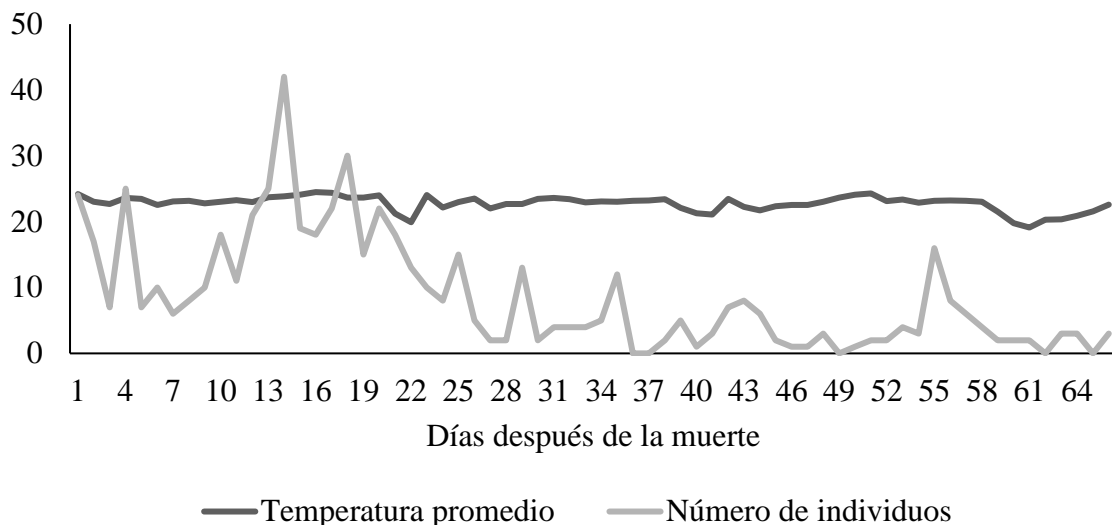


Figura 18. Variación de temperatura y número de individuos colectados en el cadáver de cerdo durante agosto–noviembre de 2017.

Se registraron lluvias regularmente durante los 71 días del experimento. En la fase de putrefacción seca, las lluvias se volvieron más constantes, mostrándose un nivel de precipitación más alto, respecto al resto del tiempo. Aun así, se observó que la cantidad de insectos no era afectada a pesar de las lluvias; en algunos casos, se realizaron colectas inmediatamente después de la lluvia y fue posible capturar la misma cantidad de moscas que en días soleados. La lluvia influyó en la humedad relativa, por lo que se muestra un aumento de esta durante la última fase de descomposición. Durante las primeras fases, la humedad relativa se mantuvo entre 75% y 97%; pero a partir de la primera semana de la fase de putrefacción seca, la humedad relativa aumentó (79%–94%) (Figura 19).

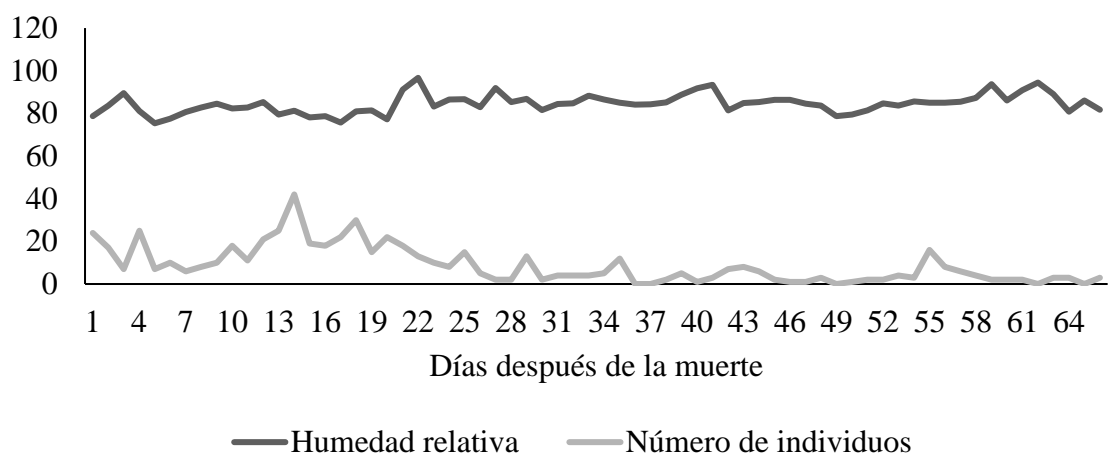


Figura 19. Variación de humedad relativa y número de individuos colectados en el cadáver de cerdo durante agosto–noviembre de 2017.

Análisis de suelos.

El muestreo de suelos mostró cambios en concentración de la mayoría de nutrientes entre la muestra de antes y la de después, sin embargo, la significancia estadística no fue evaluada. El segundo muestreo se obtuvo sin alterar la naturalidad del suelo, de modo que, el contenido de la muestra contenía residuos del cadáver. Para obtener los resultados que se esperaban (diferencias en composición entre las muestras debido a la descomposición del cadáver), un protocolo diferente se debió haber seguido.

Sin embargo, algunas observaciones interesantes se pueden destacar: el pH inicial fue de 6.56 y se redujo a 5.49 en la muestra realizada al finalizar el estudio. La materia orgánica es la cantidad de restos orgánicos que pueden aumentar el contenido de nutrientes del suelo y generalmente, el contenido es más elevado en los primeros centímetros del perfil de suelo (Garrido 1994). En este caso, la materia orgánica tuvo un aumento del 7% respecto a la primera muestra (Figura 20). Este porcentaje no puede atribuirse por completo a la descomposición del cadáver, ya que, factores como la precipitación también pueden provocar aumentos en el material orgánico (Porta *et al.* 2013).

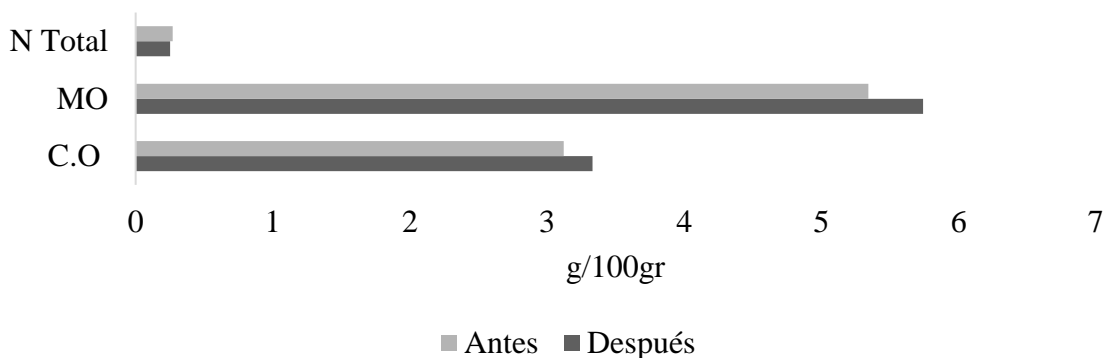


Figura 20. Resultados del muestreo de suelos en el área de estudio. Comparación de Nitrógeno, materia orgánica y carbono orgánico antes y después del experimento. N Total: nitrógeno total; MO: materia orgánica; C.O: carbono orgánico.

En el muestreo inicial, no se detectó sodio, pero en la segunda muestra esto cambió, presentando 29 mg/kg (Figura 21), lo que se considera un nivel medio del nutriente. Los excesos de sodio pueden causar bajos niveles de calcio y magnesio (Andrades y Martínez 2014), lo que coincide con este análisis, en el que se presentaron disminuciones en Ca y Mg entre ambos muestreos. Altos contenidos de calcio y magnesio están asociados a suelos más fértiles. Según los resultados proporcionados por el Laboratorio de Suelos de Zamorano, el contenido de calcio y magnesio para ambos muestreos fue medio y bajo. Estas se consideran variaciones normales en la dinámica de elementos del suelo y no puede atribuirse tales cambios al cadáver.

El contenido de fósforo es muy bajo en suelos poco explotados y solo los suelos manejados con cultivos intensivos y con altas dosis de fertilizantes suelen alcanzar valores altos del

nutriente (Molina 2007). En este caso, el suelo está cultivado con pasto para la alimentación de bovinos y el nivel de P fue bajo al inicio (5 mg/kg), mientras que, al finalizar el estudio, este aumentó a lo que se considera un nivel alto (9 mg/kg) (Figura 21). Este cambio se les atribuye a los fragmentos de cadáver en la segunda muestra de suelo.

El contenido de hierro suele mantenerse entre 0.5 a 5% (Acevedo-Sandoval *et al.* 2004). En este estudio, el suelo tuvo 0.02% al inicio y aumentó a 0.28% para el segundo muestreo, sin embargo, fueron categorizados como niveles altos para los dos muestreos, al igual que el manganeso y zinc, por lo que no resulta importante destacar sus variaciones.

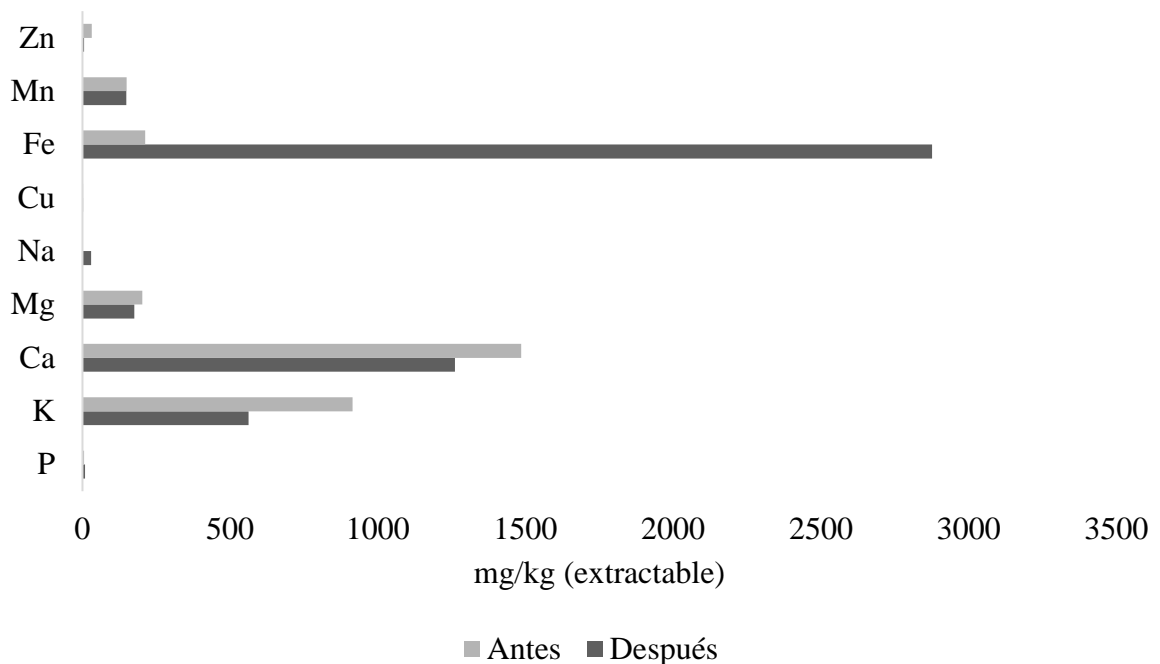


Figura 21. Resultados del muestreo de suelos en el área de estudio. Comparación de macro y micronutrientes antes y después del experimento. Zn: zinc; Mn: manganeso; Fe: hierro; Cu: cobre; Na: sodio; Mg: manganeso; Ca: calcio; K: potasio; P: fósforo.

Importancia del estudio.

Los médicos forenses, criminalistas y el Ministerio Público conocen la importancia de la entomología para estimar el intervalo postmortem, por lo que recomiendan coleccionar insectos en el sitio de la muerte, para establecer cuándo ocurrió y que este dato resulte útil en la resolución de casos criminales (Pachar 2015), sin embargo, esta no es una práctica rutinaria en los países centroamericanos.

En Centroamérica hay un conocimiento deficiente acerca de la taxonomía de insectos, lo que no permite que muchas personas interesadas en practicar estudios de entomología forense avancen en el área. La colección entomológica de Zamorano es la más grande en el

país y la segunda más grande a nivel centroamericano, sin embargo, es deficiente en la identificación de sus especímenes de Díptera. Por ejemplo, de los 8489 dípteros de la colección, el 33% no está identificado ni a nivel de familia y hay solo 456 insectos de las familias: Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae (sólo el 25% de los especímenes de estas familias están identificados a nivel de género). En Honduras, frecuentemente se realizan estudios sobre entomología forense, experimentando con vertebrados en descomposición, sin embargo, los resultados de estos experimentos no son publicados, debido a que no los culminan exitosamente, por el grado de dificultad que representa identificar las especies de insectos de importancia forense.

Este estudio contribuyó con varias especies de dípteros nuevas para la colección: los califóridos y sarcófágidos colectados representan un aumento del 200% y los múscidos incrementaron sus especies en 233%. Con estos nuevos insectos de referencia, será más fácil realizar estudios sobre la entomofauna descomponedora en la región, permitiendo que los investigadores puedan comparar sus colectas, con los especímenes almacenados en la Colección Entomológica de Zamorano.

En otros países de Centroamérica, como Guatemala, la entomología forense se ha limitado a proyectos de investigación que expresan la necesidad de implementar esta ciencia en la legislación guatemalteca. La tasa de homicidio en Guatemala para el 2017 fue de 26.1 por 100,000 habitantes mientras que en Honduras fue de 42.8 por 100,000 habitantes (Clavel 2018), (la más baja de la última década). Honduras está categorizado como el onceavo país más impune globalmente, con una tasa de casos criminales impunes del 65.04% (Le Clercq y Sánchez 2017), por lo que la entomología forense podría ser una importante herramienta a implementar por el Ministerio Público. Un conocimiento taxonómico y biológico de las especies en el país es indispensable para llevar la implementación de esta herramienta.

La vía para la incorporación de la entomología forense en la resolución de casos criminales también depende de las bases formadas a partir de la investigación. Un ejemplo de esto es México, donde las procuradurías de algunos estados como Baja California Norte, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila mostraron interés por esta ciencia, después de la implementación de un Laboratorio de Entomología Forense en la Coordinación General de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal. Esto permitió que médicos y antropólogos forenses de esta procuraduría utilizaran esta herramienta por iniciativa propia, a fin de experimentar y conocer su utilidad, logrando que actualmente México preste el servicio del laboratorio para atender solicitudes ministeriales en las que sea necesario la intervención de los entomólogos (Molina 2009).

La entomología forense será tomada en otros países hasta que haya mayor conocimiento taxonómico e investigación en el área. Esto únicamente podrá lograrse a través de experimentos que concluyan en el registro de la entomofauna descomponedora de cadáveres en varias ubicaciones, con diferentes condiciones climáticas y físicas. Además, la información debe de ser compartida, a fin de facilitar futuras investigaciones y favorecer el avance de esta ciencia. Considerando esto, se propuso la siguiente clave de identificación de dípteros de importancia forense, esta fue elaborada en base a las claves dicotómicas, descripciones y diagnóstico utilizadas a lo largo del estudio.

**Clave para familias y géneros de dípteros adultos de importancia forense en la
Escuela Agrícola Panamericana Zamorano**

*Se espera que haya más géneros involucrados en los procesos de descomposición, sin embargo, este es un intento de facilitar el complicado proceso de identificación de los dípteros.

1. El merón posee una fila de setas2
- 1'. El merón no posee una fila de setas4

2. El cuerpo, principalmente el abdomen, es brillante y metálico de color verde, azul o violeta..... Calliphoridae 5
- 2'. El cuerpo no es de colores metálicos y brillantes.....3

3. El subescutelo es largo y convexo; la superficie ventral del escutelo no está recubierto por setas y si tiene, estas son muy finas..... Tachinidae
- 3'. No tiene la combinación de características mencionadas anteriormente, pero el mesonoto está marcado por tres líneas verticales oscuras; la notopleura tiene dos setas grandes y dos setas pequeñas.....Sarcophagidae 6

4. Presencia de una celda discal al centro del ala (Figura 22A) Stratiomyidae
- 4'. Ausencia de la celda discal al centro del ala, pero la vena subcostal se cruza con la vena costal casi en un ángulo recto; la vena A1 está incompleta ... Muscidae.....11

5. La sección basal de la vena R tiene una fila de pelos a lo largo del margen posterior dorsal, los palpos son reducidos y filiformes *Cochliomyia* Townsend
- 5'. La sección basal de la vena R no tiene una fila de pelos a lo largo del margen posterior dorsal, el calíptero inferior es liso *Lucilia* Robineau-Desvoidy

6. La mesotibia tiene una o más cerdas anterodorsales 7
- 6'. La mesotibia no tiene cerdas anterodorsales, a excepción de las cerdas apicales; la vena R₁ no tiene setas en la parte dorsal *Tricharaea* Thomson

7. El proesterno es espatulado; los machos tienen una o más cerdas orbitales proclinadas; la pared postalar es setosa en el medio y el primer flagelómero es tres veces más largo que el pedicelo *Rettenmeyerina* Dodge
- 7'. El proesterno es espatulado pero los machos no tienen cerdas orbitales proclinadas o son hembras; dos o más setas postsuturales dorsocentrales, si son más de dos, estas no están espaciadas a la misma distancia8

8. La pared postalar (Figura 22B) es setosa; vena R₁ setosa dorsalmente; los machos con ctenidium en la parte posteroventral apical (Figura 22C); la cerda posterior de la mesotibia es más pequeña que la cerda posterodorsal, la terminalia tiene una apariencia negruzca..... *Dexosarcophaga* Townsend
- 8'. No tiene todas las características descritas anteriormente..... 9
9. La cerda posterior de la mesotibia es notablemente más larga que la cerda posterodorsal; las setas anteriores al surco genal son blancuzcas; el tercer sector

- costal no tiene setas en la parte ventral; los márgenes laterales del escutelo tiene un parche denso de setas blancas con apariencia de pelos largos entre las cerdas laterales del escutelo..... *Tytanogripa* Townsend
- 9'. La cerda posterior de la mesotibia es mucho más pequeña o del mismo tamaño que la cerda posterodorsal; la pared postalar es setosa; la vena R₁ no tiene setas en la parte dorsal; los palpos son negros, a excepción de *Blaesoxipha plinthopyga*, usualmente tienen una fila de setas en forma de espinas en la superficie posterior del trocánter..... *Blaesoxipha* Loew
10. El nodo R_s en el ala tiene por lo menos una seta encima; el prosternum (Figura 22B); tiene setas en la parte lateral, la metatibia tiene una cerda gruesa posterodorsal en el tercer cuarto de la longitud de la tibia..... *Phaonia* Robineau–Desvoidy
- 10'. El nodo de R_s no tiene setas..... 11
11. La vena M está curvada fuertemente hacia el frente y termina mucho antes del ápice del ala (Figura 22D); prosternum con seta; calíptero posterior amplio y truncado posteriormente*Synthesiomyia* Brauer y Bergenstamm
- 11'. La vena M está curvada ligeramente hacia enfrente, si está curvada fuertemente hacia el frente, entonces termina muy cerca del ápice del ala y la arista es plumosa; calíptero posterior estrecho y redondeado posteriormente..... 12
12. Las cerdas del katepisternum forman un triángulo equilátero (Figura 22F); la primera cerda dorsocentral está ausente o no es muy visible; el scutum tiene dos pares de cerdas postsuturales dorsocentrales; el primer flagelómero con un ápice puntiagudo; metatibia con una cerda larga a la mitad de la longitud posteroventral de la tibia..... *Bithoracochaeta* Stein
- 12'. Las cerdas del katepisternum no forman un triángulo equilátero.....13
13. Los ojos se extienden debajo del nivel de la mayor vibrissa por más de $\frac{1}{6}$ de su longitud total; dos cerdas dorsocentrales presuturales y cuatro cerdas dorsocentrales postsuturales; la gena es estrecha... *Hydrotaea* Robineau–Desvoidy
- 13'. Los ojos usualmente no se extienden debajo del nivel de la mayor vibrissa por más de $\frac{1}{6}$ de su longitud total; dos cerdas dorsocentrales presuturales y tres o cuatro cerdas dorsocentrales postsuturales; la gena es ancha; la primera cerda intra–alar postsutural está situada ligeramente debajo del nivel de la cerda alar superior; la vena M está moderadamente curvada apicalmente... *Muscina* Robineau–Desvoidy

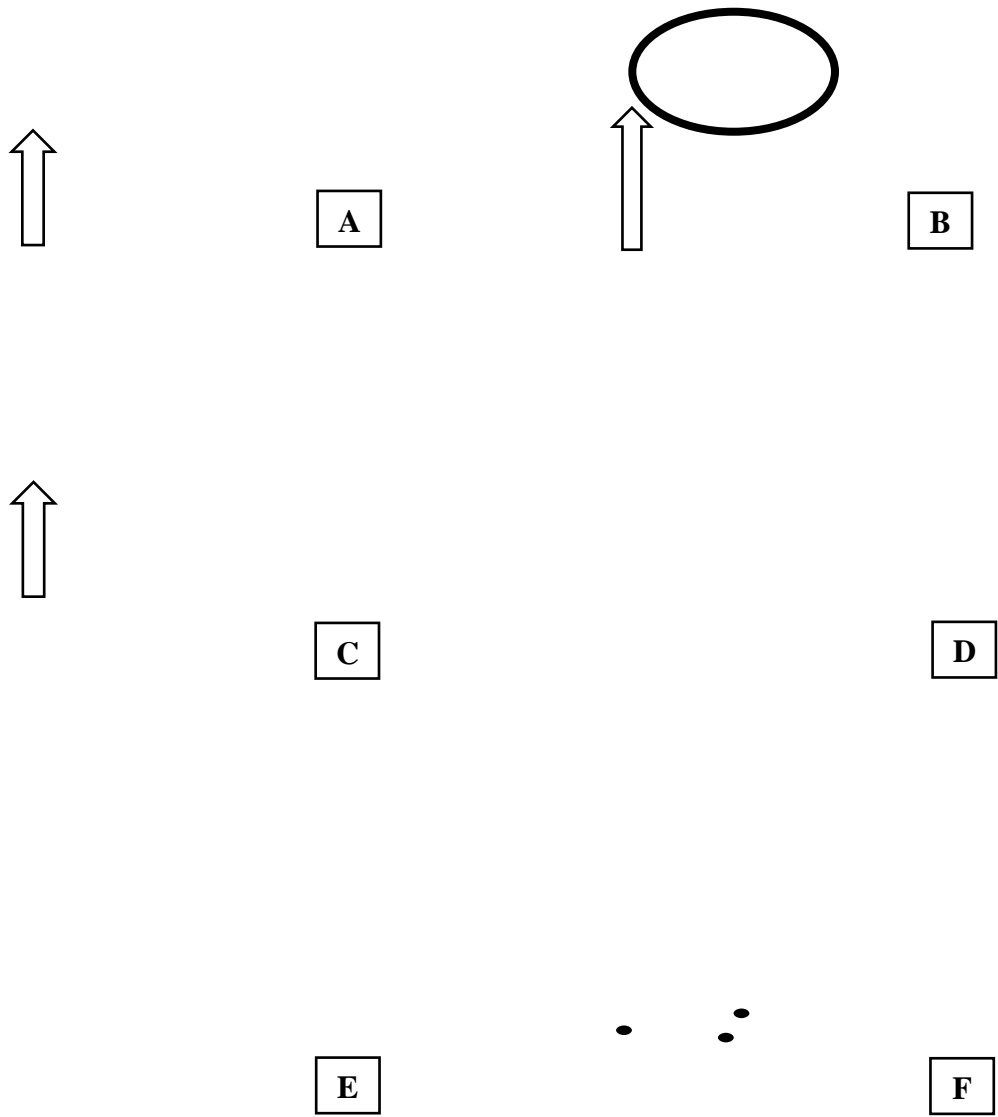


Figura. 22. Características para la identificación de dípteros de importancia forense en la Escuela Agrícola Panamericana. (A) Celda discal; (B) pared postalar setosa; (C) ctenidium posteroventral apical; (D) ala de *Synthesiomyia*; (E) prosternum espatulado; (F) setas del katepisternum sin formar un triángulo equilátero.

CONCLUSIONES

- Un cadáver de cerdo de 23 kg en condiciones de campo puede ser reducido a huesos y faneras en 71 días, atravesando cinco fases de descomposición. La fase fresca tomó un día, la fase de hinchamiento fue de dos días, aunque hubiese sido mayor en caso de no sufrir la perforación en el abdomen. La fase activa fue de cinco días, la descomposición avanzada se mantuvo durante 15 días y la fase final o de putrefacción seca tuvo 48 días de duración, siendo la fase más larga.
- Los insectos predominantes en la descomposición del cadáver pertenecen a los órdenes Diptera y Coleoptera, destacando por su abundancia, las familias Calliphoridae (32%), Muscidae (27%), Sarcophagidae (7%), Dermestidae (6%) e Histeridae (4%). Durante la fase fresca y fase de hinchamiento, predomina la mosca *Cochliomyia macellaria*; en la descomposición activa principalmente actúan insectos en estado larval, pero los escasos adultos que se encuentran pertenecen al múscido *Hydrotaea dentipes*. En la etapa de descomposición avanzada, *Cochliomyia macellaria* nuevamente es la más abundante, pero difiere de las primeras fases por la presencia de *Dermestes maculatus* y *Dermestes carnivorus*. Durante la putrefacción seca, la mayor parte de la población corresponde a *H. dentipes*, aunque se muestra gran variabilidad de la entomofauna de importancia forense, se adicionan ácaros y aparece el mayor número de especies de insectos incidentales.
- Aunque probablemente algunos dípteros presentes no fueron colectados en este estudio, los géneros de importancia forense para la Escuela Agrícola Panamericana fueron: *Cochliomyia*, *Lucilia*, *Hydrotaea*, *Muscina*, *Synthesiomyia*, *Phaonia*, *Bithoracochaeta*, *Dexosarcophaga*, *Tricharaea*, *Rettenmeyerina*, *Blaesoxipha*, *Titanogrypa* y *Hermetia* y todos ellos pueden ser ahora identificados mediante la clave propuesta.

RECOMENDACIONES

- Realizar muestreos en intervalos menores a 24 horas, para mejorar la caracterización de las fases de descomposición en base a la entomofauna encontrada.
- Colectar larvas de los insectos necrófagos para estudiar el ciclo de vida y su acción sobre el tiempo de descomposición de un cadáver.
- Extraer la genitalia de los especímenes de la familia Sarcophagidae para realizar la identificación a nivel de especie.
- Realizar el montaje diario de los insectos almacenados en alcohol, para evitar su desintegración y la pérdida de setas importantes en el proceso de identificación.
- Separar los insectos colectados en trampas pitfall, de las colectas con red entomológica, para comprender el comportamiento de los insectos en el cadáver y mejorar la caracterización de los grupos de importancia forense o incidentales.
- Realizar el estudio durante la época seca para verificar si existen variaciones en la entomofauna.

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Sandoval O, Ortiz-Hernández E, Cruz-Sánchez M, Cruz-Chávez E. 2004. El papel de óxidos de hierro en suelos. *Terra Latinoamericana*. 22(4):485–497.
- Almeida LM, Mise KM. 2009. Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. *Rev. Bras. entomol.* 53(2):227–244.
- Alvarez, Pérez y Amat. (2017). Life history of *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775) (Diptera, Calliphoridae), a Blowfly of Medical and Forensic Importance. *Neotropical Entomology*. 46 (6):602–612.
- Amat E, Wolff M. 2008. Clave ilustrada para la identificación de los géneros y las especies de Califóridos (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Caldasia*. 30(1):231–244.
- Andrades M, Martínez ME. 2014. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. 3ª. ed. Argentina. Universidad de La Rioja.
- Archer MS, Elgar MA. 2007. Cannibalism and delayed pupation in hide beetles, *Dermestes maculatus* DeGeer (Coleoptera: Dermestidae). *Aust Entomol.* 37(2):158–161.
- Armani AP, Centeno ND, Dahinten SL. 2015. Primer estudio de antropodofauna cadavérica sobre modelos experimentales porcinos en el noreste de la provincia del Chubut, Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 74(3)123–132.
- Arnaldos MI, García MD, Presa JJ. 2010. Sucesión faunística sarcosaprófaga. Universidad de Murcia. Murcia. 38p.
- Ayón MR, Cacharani D, Torres V, Corronca J, Centeno N. 2009. Tiempo de desarrollo y curvas de crecimiento de *Lucilia cluvia* (Walker 1849) y *Cochliomyia macellaria* (Fabricius 1775) (Diptera: Calliphoridae): Herramientas para la estimación del intervalo post-mortem (PMI). JCN. <http://eprints.natura.unsa.edu.ar/id/eprint/135>.
- Barros de Alencar L, Wendt LD, Ale-Rocha R. 2013. *Richardia* Robineau-Desvoidy (Diptera, Tephritoidea, Richardiidae) from Central Amazon, Brazil. *Rev. Bras. entomol.* 57(2):202–208.
- Barros de Souza A, Dutra F, Ferreira R. 2008. Insects of forensic importance from Rio Grande do Sul state in southern Brazil. *Rev. Bras. entomol.* 52(4):641–646.

- Battán M, Bellis LM, Gleiser RM. 2016. Diversity of necrophagus blowfly (Diptera: Calliphoridae) of medical and veterinary importance in urban environments in Córdoba (Argentina). *Caldasia*. 38(1):183–195.
- Beltrán CP, Villa FA. 2011. Sucesión de insectos en cadáveres de ratas Wistar (*Muridae: Rattus norvegicus*) (Berkenhout, 1769) en Bosque húmedo Premontano (Ibagué-Colombia). *Tumbaga*. 6(1):93–105.
- Benecke M, Lessing R. 2001. Child neglect and forensic entomology. *Forensic Sci. Int.* 120(1):155-159. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00424-8](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00424-8).
- Bermúdez S, Pachar JV. 2010. Artrópodos asociados a cadáveres humanos en Ciudad de Panamá, Panamá. *Rev. Colomb. Entomol.* 36(1):86–89.
- Bonacci T, Vercillo V, Benecke M. 2017. *Dermestes frischii* and *D. undulatus* (Coleoptera: Dermestidae) on a Human Corpse in Southern Italy: First Report. *Rom. J. Leg. Med.* (25):180–184.
- Brown BV, Borkent A, Cumming JM, Wood, Woodley NE, Zumbado MA. 2010. Manual of Central American Diptera. Vol II. Canadá. NRC Research Press. 728 p.
- Buck M, Woodley NE, Borkent A, Wood DM, Pape T, Vockeroth JR, Michelsen V, Marshall SA. 2009. Key to the Diptera families adults. In: Manual of Central American Diptera. Vol I. Canadá. NRC Research Press. p. 95–144.
- Buenaventura E, Camacho G, García A, Wolff M. 2009. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en Colombia: claves taxonómicas, notas sobre su biología y distribución. *Rev. Colomb. Entomol.* 35(2):189–196.
- Byrd J. 1998. Secondary screwworm. Universidad de Florida. [actualizado 2017 ago; consultado 2018 ago 30]. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/secondary_screwworm.htm#med.
- Byrd J, Castner J. 2000. Forensic Entomology: The utility of Arthropods in Legal Investigations (2 ed.) CRC Press. [consultado 2018 ago 30]. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781420036947>.
- Carvalho LM, Costa C, Menezes JM. 2017. A new species of *Sarcophagtiopsis* (Insecta, Diptera, Sarcophagidae) from mangrove forests in the Brazilian Amazon, with a key to species identification. *Acta Amaz.* 47(4):149–354.
- Carvalho LM, Mello-Patiu. 2008. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Rev. Bras. Entomol.* 52(3):390–406.
- Carvalho LM, Thyssen PJ, Linares A, Palhares F. 2000. A Checklist of Arthropods Associated with Pig Carrion and Human Corpses in Southeastern Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 95(1):135–138.

- Castelló A, Adam A, Francés F. 2014. La entomología como ciencia forense: Desde Sung Tz'u a las granjas de cuerpos. *Gac.int.cienc.forense*. (10):13–28.
- Castillo M. 2002. Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). 1ra ed. España. Sociedad Entomológica Aragonesa. [consultado 2018 ago 30]. <http://sea-entomologia.org/PDF/MSEA06.pdf>
- Clavel T. 2018. Balance de InSight Crime sobre homicidios en Latinoamérica en 2017. *InSight crime*. [actualizado 2018 ene 19; consultado 2018 ago 29]. <https://es.insightcrime.org/noticias/analisis/balance-de-insight-crime-sobre-homicidios-en-latinoamerica-en-2017/>
- Correa CM, Puker A, Korasaki V, Ferreira KR. 2013. *Omorgus suberosus* and *Polynoncus bifurcatus* (Coleoptera: Scarabaeoidea: Trogidae) in exotic and native environments of Brazil. *Zoología*. 30(2):238–241.
- Cruz M, Martínez I, López-Collado J, Vargas-Mendoza M, González-Hernández H, Platas-Rosado DE. 2012. Degradación del estiércol vacuno por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de Veracruz, México. *Rev. Colomb. Entomol*. 38(1):148–155.
- Desuó IC, Nishiuchi AS, Gomes G, Gomes L. 2010. Ordem Coleoptera: Aspectos Gerais e Aplicação na Importância Forense. In: *Novas tendencias e tecnologias nas ciencias criminais*. Brasil. Technical books. p. 183–207.
- Dodge R. 1967. The Sarcophagidae of Barro Colorado Island, Panama (Diptera). *Ann. Entomol. Soc. Am*. 61(2):421–450.
- Farkas R, Hogsette J, Börzsönyi. 1998. Development of *Hydrotaea aenescens* and *Musca domestica* (Diptera:Muscidae) in Poultry and Pig Manures of Different Moisture Content. *Environ. Entomol*. 27(3) 695–699.
- Feugang FD, Djieto-Lordon C, Ateba AJ, Bilong CF. 2011. A preliminary study of arthropod associated with carrion in Yaounde, Cameroon: A first step in forensic entomology in Central Africa. *J. Ecol. Nat. Environ*. 3(6)215–220.
- Forero E, Cortés J, Villamil J. 2008. Problemática del gusano barrenador del ganado. *MVZ*. 13(2)1400–1414. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69311191016>.
- Garrido S. 1994. Interpretación de análisis de suelos. Ministerio de Agricultura pesca y alimentación [internet] Madrid. Rivadeneyra. [consultado 2018 ago 30]. https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf.
- Haines CP, Rees DP. 1989. *Dermestes* spp. A Field Guide to the Types of Insects and Mites Infesting Cured Fish. [consultado 2018 ago 30]. <http://www.fao.org/docrep/003/t0146e/T0146E07.htm>.

- Hidalgo RR. 2015. Influencia de tres zonas diferenciadas del Parque Nacional Yasuní en la composición y diversidad del grupo Calyptratae (Diptera) [tesis]. Universidad católica del Ecuador. Ecuador. 51 p.
- Horgan FG, Fuentes RC. 2005. Asymmetrical competition between Neotropical dung beetles and its consequences for assemblage structure. *Ecol Entomol.* (30):182–193.
- Huckett HC. 1934. A revision of the North American Species Belonging to the Genus *Coenosia* Meigen and Related Genera. *T. Am. Entomol. Soc.* 60(1):57–119.
- Iannacone J. 2003. Antropofauna de importancia forense en un cadáver de cerdo en el Callao, Perú. *Rev. Bras. Zool.* 85–90.
- Jenson LM, Miller RH. 2001. Estimating Filth Fly (Diptera: Calliphoridae) Development in Carrion in Guam. *Micronesica.* 34(1):11–25.
- Joseph I, Mathew DG, Sathyan P, Varghese G. 2011. The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *J Forensic Dent Sci.* 3(2):89–91.
- Klimešová V, Oleksakova T, Bartak M, Šuláková H. 2016. Forensically important muscidae (Diptera) associated with decomposition of carcasses and corpses in the Czech Republic. *MendelNet.* 784–789 p. <https://mendelnet.cz/pdfs/mnt/2016/01/140.pdf>.
- Krüger R, Ribeiro PB, Carvalho CJ, Costa P. 2002. Development of *Synthesiomyia nudiseta* (Diptera, Muscidae) in laboratory. *Iheringia, Sér. Zool.* 92(4):25–30.
- Kulshrestha P, Satpathy DK. 2001. Use of beetles in forensic entomology. *Forensic. Sci. Int.* 120 (1):15–17.
- Le Clercq JA, Sánchez G. 2017. Dimensiones de la impunidad global. Índice Global de Impunidad 2017. 1ª. ed. Puebla, México. Fundación Universidad de las Américas, Puebla. [consultado 2018 ago 30]. https://www.udlap.mx/cesij/files/IGI-2017_esp.pdf
- Lefebvre F, Pasquerault T. 2004. Temperature-dependent development of *Ophyra aenescens* (Wiedemann, 1830) and *Ophyra capensis* (Wiedemann, 1818) (Diptera, Muscidae). *Forensic Sci. Int.* 139(1):75–84.
- Luján M. 2014. Sucesión de entomofauna cadavérica en cuerpos de *Sus scrofa* L., (cerdo blanco) en un ambiente de bosque [tesis]. Universidad de la República. Uruguay. 89 p.
- Matuszewski S, Bajerlein D, Konwerski S, Szpila K. 2008. An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic Sci. Int.* 180 (2):61-69.

- Mello-Patiu C, Pape T. 2000. Definitions of *Dexosarcophaga* Townsend 1917 and *Sarcophagtiopsis* Hall 1933, including two new species and a redescription of *Sarcophagtiopsis cuneata* (Townsend 1935) (Diptera: Sarcophagidae). Bol. Entomol Venez. 15 (2):183–194.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2005. Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático [internet]. España. Centro de Publicaciones, secretaría general técnica. [consultado 2018 ago 30]. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/81302/1/Principales%20conclusiones.pdf>.
- Molina E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación [disertación]. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 8 p.
- Molina. HA. 2009. Conformación de laboratorio de entomología forense en la procuraduría general de justicia del Distrito Federal. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 62 p.
- Murrugarra V. 2016. Sucesión de artropofauna en cadáveres de cerdos (*Sus scrofa* L., 1758), en Pantanos de Villa, Chorrillos, Lima, Perú [tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. 120 p.
- Nguyen TT, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S. 2015. Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste. Environ Entomol. 44(2):406-416.
- Nourteva P. 1974. Age determination of a blood stain in a decaying shirt by entomological means. Forensic Sci. 3(1) 89–94.
- Oesterhe M. 2008. Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas. Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. Ecol. Austral. 18(3):337–346.
- Olaya LA. 2001. Entomofauna sucesional en el cadáver de un cánido en condiciones de campo en la Universidad del Valle (Cali-Colombia). Cuadernos de Medicina Forense. 14 p.
- Olea SM, Dantur MJ, Mulieri PR, Patitucci LD, Centeno N, Mariluis JC. 2012. Calliphoridae (Diptera) en parches de selva pedemontana con distinto grado de intervención antrópica en Tucumán (Argentina). 71(3):249-256.
- Pachar JV. 2015. La investigación pericial forense de los cuerpos mutilados. Revista de ciencias forenses de Honduras. 1(2):20–33. <http://www.bvs.hn/RCFH/pdf/2015/pdf/RCFH1-2-2015.pdf>
- Padonou GG, Gnanguenon V, Osse R, Akogbeto M. 2017. First evidence of forensic entomology revealed the presence of arthropods on rabbit carrion in Cotonou, Benin (West Africa). IJER. 2(6): 94–98.
- Pancorbo M, Ramos R, Saloña M, Sánchez P. 2006. Entomología molecular forense. Ciencia forense. [consultado 2018 ago 30]. 6:107–130.

- Pape T. 1996. Catalogue of the Sarcophagidae of the World (Insecta:Diptera). Estocolmo. Memoirs on Entomology. Vol 8. 567 p.
- Pape T, Dahlem GA. 2010. Sarcophagidae (Flesh flies). In: Brown BV. Manual of Central American Diptera. Vol II. Canadá. NRC Research Press. p 1313–1335.
- Peñaloza OA, Oliva A. 2013. Insectos asociados con la descomposición de osamentas de cerdo doméstico (*Sus scrofa* L.) en un ambiente árido de la Rioja-Argentina. Rev. electrón. iberoam. educ. cienc. tecnol. 4(1):121–129.
- Porta J, López-Acevedo M, Poch RM. 2013. Edafología, uso y protección de suelos. España. Mundi-Prensa. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766612/edafologia--uso-y-proteccion-de-suelos>.
- Qi Xue W, Wang MF, Wang DD. 2007. The genus *Hydrotaea* (Diptera:Muscidae) from China, with description of three new species. Oriental insects 39(1):273–291.
- Ramos-Pastrana Y, Velasquez A, Wolff M. 2014. Preliminary study of insects associated to indoor y decay in Colombia. Rev. Bras. Entomol. 58(4):326–332.
- Richardson M, Lee MG. 2001. Effects of Temperature and Intraspecific Interaction on the Development of *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae). JME. 38(3):347–351.
- Rosano-Hernández MC, Cuahtémoc D. 2002. Interacción entre trogidios (Coleoptera: Trogidae) y tortugas marinas (Reptilia: Cheloniidae) en el Pacífico Mexicano. Acta Zool. Mex. 87:29–46.
- Salazar-Ortega. 2003. Estudio de la entomofauna sucesional asociada a la descomposición de un cadáver de cerdo. *Universitas Scientiarum*. 13(1):21–32.
- Sánchez AF, Fagua G. 2014. Análisis sucesional de Calliphoridae (Diptera) en cerdo doméstico en pastizales (Cogua, Cundinamarca, Colombia). Rev. Col. Ent. (2): 190–197.
- Savage J, Vockeroth JR. 2010. Muscidae (house flies, stable flies) In: Brown BV. Manual of Central American Diptera. Vol II. Canadá. NRC Research Press. P.1281–1295.
- Siddons LB, Roy DN. 1942. On the life history of *Synthesiomyia nudiseta* van der Wulp (Diptera, Muscidae) a Myiasis-producing fly. Parasitology. [consultado 2018 ago 30]. 34(3): 239–245.
- Simões MH, Guedes AO, Thyssen PJ, Souza-Silva M. 2013. Ecological and forensic implications of social wasps on pig carcass degradation in Brazilian Savannah. BJFS. 2(3):285–292.
- Smith K. 1986. A Manual of Forensic Entomology. 1ª ed. London. British Museum (Natural History). 102 p.

- Snyder FM. 1955. Notes and Descriptions of *Muscina* and *Dendrophaonia* (Diptera:Muscidae) Ann. Entomol. Soc. Am. 48(6):445–452.
- Solís A, Kohlmann B. 2002. El género *Canthon* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. G. it. Ent. 10:1–68.
- Souto M. 1995. *Schoenomyza* Haliday, Redescription of the genus and description of a new species from Ecuador (Diptera, Muscidae). Rev. Bras. Zool. 12(4):819–823.
- Stanford S, Medina RG, Dávila JP, Amhed A. 2017. Artrópodos sarcosaprófagos asociadas a tres zonas en un bosque mesófilo de montana en Huauchinango, Puebla, México. Bol. Soc. Mex. Ento.4:93–97.
- Triplehorn C, Johnson N. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7^a Ed. Peter Marshall. Estados Unidos. 888 p.
- Valverde C, Buenaventura E, Sánchez JD, Wolff M. 2018. Flesh flies (Diptera: Sarcophagidae: Sarcophaginae) from the Colombian Guajira biogeographic province, and approach to their ecology and distribution. Zoología 34:1–11.
- Vargas J, Wood DM. 2010. Calliphoridae (Blow flies). In: Brown BV. Manual of Central American Diptera. Vol II. Canadá. NRC Research Press. p 1297–1304.
- Vargas M, Hofmann HC, Tweddle NE. 2005. Impact of screwworm eradication programmes using the sterile insect technique. In: Dyck VA, Hendrichs J, & Robinson AS, Principles and practice in Area-Wide Integrated Pest Management. 1a ed. Holanda. Springer. IAEA. p 629–650.
- Vasconcelos SD, Araujo MC. 2011. Necrophagous species of Diptera and Coleoptera in northeastern Brazil: state of the art and challenges for the Forensic Entomologist. Rev. Bras. Ent. 56(1):7–14.
- Vasconcelos SD, Moura T, Barreto T. 2015. Diversity of Forensically-Important Dipteran Species in Different Environments in Northeastern Brazil, with Notes on the Attractiveness of Animal Baits. Florida Entomologist. 98(2) 770–775.
- Villada S, Ospina F, G-Dias L, Stévez JV. 2017. Diversidad de insectos acuáticos en quebradas impactadas por agricultura y minería, Caldas Colombia. Rev. Biol. Trop. 65(4):1635–1659.
- Whitworth T. 2010. Keys to the genera and species of blow flies (Diptera:Calliphoridae) of the West Indies and description of a new species of *Lucilia* Robineau-Desvoidy. Zootaxa. 2663:1–35.
- Wood DM, Zumbado MA. 2010. Sarcophagidae (Flesh flies). In: Brown BV. Manual of Central American Diptera. Vol II. Canadá. NRC Research Press. p 1343–1414.

Yong A. 2010. La biodiversidad florística en los sistemas agrícolas. *Cultrop*. [consultado 2018 ago 30]. 31(4):10 p.

Yusseff SZ. 2006. Entomología forense: los insectos en la escena del crimen. Colombia. *Rev. Lun. Azul*. 23:42–49.

Zanetti NI, Visciarelli EC, Centeno ND. 2015. Trophic roles of scavenger beetles in relation to decomposition stages and seasons. *Rev. Bras. Ent.* 59(2): 132–137.