

Tafonomía forense: estudio experimental del proceso de descomposición de un cuerpo sumergido en una ciénaga del Caribe colombiano

Forensic taphonomy: experimental study of the decomposition process of a body submerged in a swamp of the Colombian Caribbean

Anyely Toloza-Leones ¹ y César Valverde-Castro ²

1. Programa de Antropología, Facultad de Humanidades, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

2. División de Fauna, Subdirección de Gestión Ambiental, Corporación Autónoma Regional de Sucre, Sincelejo, Sucre, Colombia

Resumen

En este trabajo se documenta el proceso de descomposición de un cadáver de cerdo en un ecosistema léntico, simulando la descomposición de un cuerpo humano, en la Ciénaga Inasika del municipio El Banco (Departamento del Magdalena) con el fin de estimar el intervalo postinmersión (ISPM). Para esto, se usó como biomodelo un cadáver de cerdo (*Sus scrofa domesticus*) sacrificado por contusión craneal; el cadáver fue enjaulado de tal manera que ingresaran los insectos, más no los grandes carroñeros. Posteriormente se sumergió en la ciénaga a 80 cm de profundidad con el fin de documentar los cambios *post mortem* y la sucesión entomológica. Se estableció un ISPM de 11 días y se documentaron seis fases de descomposición, en las cuales se recolectaron dípteros pertenecientes a las familias de Muscidae, Calliphoridae y Sarcophagidae. Las fases de descomposición observadas fueron: fresca, flotación temprana, descomposición flotante, deterioro de la hinchazón, restos flotantes y restos hundidos. Finalmente, dada la necesidad que tiene el país de expandir el conocimiento en ciencias forenses a causa del conflicto armado y la delincuencia común, buscamos desarrollar herramientas que faciliten los procesos legales, ayudando a esclarecer casos donde se tenga poca información sobre los hechos seguidos a la muerte de una persona.

Palabras clave: Colombia; ecosistema léntico; entomología forense; ISPM; Magdalena

Abstract

This work documents the decomposition process of a pig carcass in a lentic ecosystem, simulating human body decomposition, in order to estimate the post-immersion interval (ISPM), in the Inasika swamp of El Banco municipality (Magdalena Department). For this purpose, a pig carcass (*Sus scrofa domesticus*) was sacrificed by cranial contusion and used as a biomodel; The corpse was caged to allow insect decomposition, preventing large scavengers from reaching the body. Subsequently the carcass was submerged in a swamp 80 cm deep, for postmortem changes and entomological succession documentation. An 11-day ISPM was established, and six decomposition phases were documented, where Diptera belonging to Muscidae, Calliphoridae and Sarcophagidae families were collected. Decomposition phases were observed as follow: fresh, early floating, floating decomposition, swelling deterioration, floating debris, and sunken debris. Due to the country's armed conflicts and crime, there is a need to expand knowledge in forensic areas. This investigation seeks to develop tools to facilitate legal processes, and to help clarify cases where little information about the events following a person's death is available.

Key words: Colombia; lentic ecosystem; forensic entomology; SPMI; Magdalena

*Autor de correspondencia: cvalverde@unimagdalena.edu.co

Editor: Nydia A. Segura

Recibido: 05 de mayo de 2022

Aceptado: 28 de septiembre de 2022

Publicación en línea: 27 de octubre de 2022

Citar como: Toloza-Leones, A y Valverde-Castro, C. 2022.

Tafonomía forense: estudio experimental del proceso de descomposición de un cuerpo sumergido en una ciénaga del Caribe colombiano. *Intropica* 17(2): 181- 191

. <https://doi.org/10.21676/23897864.4598> .



Introducción

La tafonomía es un método de investigación aplicado en casos médico-legales que utiliza técnicas arqueológicas y antropológicas forenses para la búsqueda de las causas de la muerte (Camacho, 2016). Los procesos tafonómicos de índole biológicos o físicos, son aquellos que pueden afectar a los restos cadavéricos después de la muerte y son responsables de provocar una serie de alteraciones sobre el cuerpo (Balmore *et al.*, 2011). Es conveniente señalar que un cadáver, sea humano o animal, al momento que desaparecen los bioquímicos vitales sufre diversas alteraciones por causa del medio ambiente, estas alteraciones son conocidos como fenómenos cadavéricos (Latorre, 2010). Los fenómenos cadavéricos suelen dividirse en dos grupos: tempranos y tardíos; el primer grupo se caracteriza por ocurrir durante las primeras 24 horas del deceso, entre ellos se observan el *livor mortis*, el *rigor mortis*, el espasmo cadavérico, el *algor mortis* y la deshidratación cadavérica; los fenómenos tardíos ocurren luego de 24 horas, presentándose la autólisis, la putrefacción y la antropofagia cadavérica, que conlleva a la destrucción completa del cadáver (Alvarado, 1999). En este contexto, la tafonomía forense estudia el proceso de descomposición presente en un cadáver, iniciando con un estado fresco de descomposición en donde inicia la acidificación tisular producto de la muerte, que luego es precedida por una fase de hinchazón corporal producto de la acumulación de gases por la actividad bacteriana. Luego de la hinchazón se presentan la descomposición activa o colicuativa, la descomposición avanzada y el estado de esqueletización (Simmons *et al.*, 2010). Las cinco fases de descomposición se observan en ecosistemas terrestres y han sido ampliamente documentadas, variando sus tiempos de duración por acción de la temperatura ambiental y la ubicación del terreno; es así como Payne (1965) señala que en ambientes acuáticos se observan los siguientes seis estados de descomposición: fresco sumergido, flotación temprana, descomposición flotante, deterioro de la hinchazón, restos flotantes y restos hundidos.

Asimismo, el proceso de descomposición cadavérica lleva consigo una serie de transformaciones físico-químicas que lo hacen atractivo y es aprovechado por una serie de organismos necrófagos, que suceden dependiendo del estado de descomposición del cuerpo (Krenzer, 2006). Estos son de vital importancia a la hora de determinar el Intervalo *post mortem* (IPM). Por ende, la entomología forense, ayuda a dar contexto a la investigación médico-legal. Tal como lo reportó el primer caso de Entomología Medica Forense documentado en el siglo XIII por el abogado e investigador de muertes Sung Tzu en el

texto médico-legal Hsi Yüan Chi Lu. En el escrito se narra el asesinato de un hombre a puñaladas durante su jornada laboral en un arrozal; un día después del crimen, el investigador pidió a todos los trabajadores que posaran sus hoces sobre el suelo; los rastros imperceptibles de sangre atrajeron moscas a una sola hoz, al ser descubierto el dueño de dicho instrumento confeso su delito. En este documento Sung Tzu explica la relación entre larvas y adultos de moscas además de su actividad sobre las heridas e invasión en cadáveres (Benecke, 2001).

Por lo general, esta disciplina en Colombia se ha enfocado en la taxonomía, sistemática, genética, ecología y ciclos de vida de los insectos colonizadores (Amat *et al.*, 2013; Ramírez-Mora *et al.*, 2012; Ramos-Pastrana *et al.*, 2014; Sánchez y Fagua, 2014; Vélez y Wolff, 2008); como también en trabajos relacionados con la sucesión entomológica, la sinantropía y la entomotoxicología como herramienta legal (Montoya *et al.*, 2009; Segura *et al.*, 2009; Uribe-M *et al.*, 2010; Barrios y Wolff, 2011; Beltrán *et al.*, 2012; Yepes Gaurisas *et al.*, 2013; Ramos-Pastrana y Wolff, 2017; Ramos-Pastrana *et al.*, 2018) y distintos autores han hecho estudios que evidencian los procesos de sucesión entomológica en diferentes ecosistemas (Vélez y Wolff 2008; Montoya *et al.* 2009; Segura *et al.* 2009; Uribe-M *et al.*, 2010; Barrios y Wolff, 2011; Salazar-Ortega *et al.*, 2012; Beltrán *et al.*, 2012; Ramírez-Mora *et al.*, 2012; Yepes Gaurisas *et al.*, 2013; Amat *et al.*, 2013; Ramos-Pastrana *et al.*, 2014; Sánchez Restrepo y Fagua, 2014; Ramos-Pastrana y Wolff, 2017; Ramos-Pastrana *et al.*, 2018). En lo que corresponde a la región Caribe se destacan los estudios sobre entomología forense realizados por Santodomingo-M *et al.* (2014); Valverde-Castro *et al.* (2017); Buenaventura *et al.* (2020) y Hernández *et al.* (2021).

Dada las implicaciones legales que representa obtener cadáveres humanos para llevar a cabo estos experimentos, se ha optado en la mayoría de los casos, por utilizar cerdos debido a que se estos organismos presentan características que se asemejan al ser humano; como por ejemplo, la cantidad de vello, tamaño del torso, flora intestinal, hábitos alimenticios y procesos de descomposición (Goff *et al.*, 1988); sin embargo, para la precisión de la interpretación antropológica forense depende de una correcta valoración de las actividades *perimortem* y *postmortem* que afectan a cadáveres procedentes de contextos forenses, debido a la complejidad que requiere datar el Intervalo de Sumersión *Postmortem* (ISPM), ya que la data de la sumersión no necesariamente coincide con la muerte, se hace muy inexacta su aplicación en el momento de determinar el IPM (Concheiro *et al.*, 2004). Una de las principales motivaciones para realizar este experimento es la situación de

conflicto armado que enfrenta el país desde hace aproximadamente 70 años (Centro Nacional de Memoria Histórica, 2013); esta situación ha dado paso a ciertas modalidades delictivas ejecutadas por los actores del conflicto, una de ellas es la desaparición forzada, cuya naturaleza se ha catalogado como multifensiva, ya que este, no solo involucra a la víctima, sino también a familiares y a la comunidad en general (Centro Nacional de Memoria Histórica, 2018).

Cabe resaltar que, en el departamento del Magdalena como en diversas regiones del territorio nacional también se presentan cifras elevadas de víctimas por el conflicto armado; según datos del Registro Único de Víctimas se reconocen aproximadamente 335,186 reportes (Unidad para las víctimas, 2020). De tal modo, es fundamental abordar temas como la tafonomía forense en la mayoría de escenarios posibles para así tener una aproximación de la realidad y se facilite el trabajo en futuras investigaciones legales. En el caso de la estimación del intervalo postinmersión y los insectos asociados a ecosistemas lénticos. En Colombia, los casos que se han destacado han sido los desarrollados por

Cortés y Salazar (2006), Barrios (2007), Latorre (2010), Barrios y Wolff (2011); por ello, el objetivo de este estudio es documentar los procesos de descomposición en un cadáver de cerdo (*Sus scrofa domesticus*) en un ecosistema lénticos en la ciénaga Inasika en El Banco, Magdalena, con el fin de generar una herramienta para estimar el intervalo postinmersión (ISPM) en este tipo de ecosistemas.

Materiales y métodos

La investigación realizada fue de tipo exploratorio, descriptivo y comparativo utilizando como modelo de experimentación un cerdo hembra (*Sus scrofa domesticus*), con un peso aproximado de 17 kg, para simular la descomposición humana (Anderson y VanLaerhoven, 1996). El animal fue adquirido muerto en El Matadero Municipal de El Banco, Magdalena, siendo las 16:20 h del día 21 de septiembre del 2019, posteriormente fue trasladado a la zona de estudio y se colocó en una jaula rectangular de hierro (120 cm x 70 cm x 50 cm, ojo de malla de 3 cm) a 80 cm de profundidad durante 11 días.

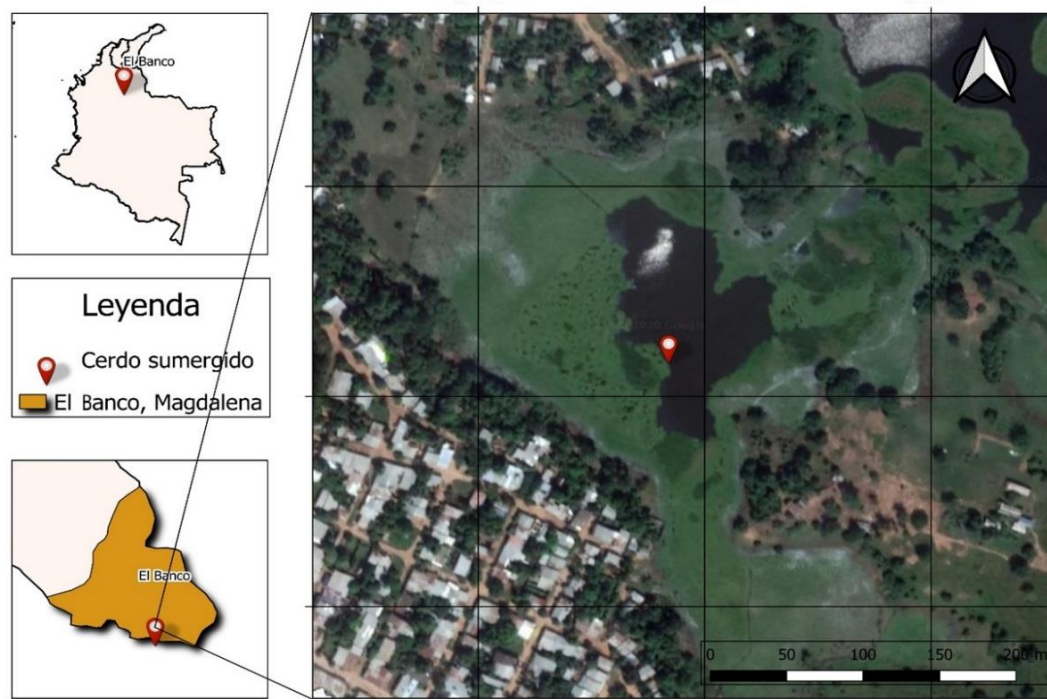


Figura 1. Punto de muestreo ubicado en la ciénaga Inasika del Municipio de El Banco, Magdalena.

Área de estudio

El experimento se realizó entre el 21 de septiembre y el 01 de octubre del 2019 en el municipio de El Banco ubicado en el extremo más meridional del departamento de Magdalena; en la

confluencia de los ríos Magdalena, Cesar y diferentes Ciénagas, este colinda al Norte con los Municipios de Guamal, Magdalena y Chimichanga, Cesar; al Occidente con el brazo de Mompo y el Municipio de Hatillo de Loba, Bolívar; al Oriente con el Municipio de Tamalameque, Cesar y el complejo cenagoso de

Zapotosa y al Sur con el río Magdalena. Para el estudio fue seleccionada la ciénaga Inasika, que se caracteriza por presentar un pH de 7.2. El punto de muestreo se localizó a los N 9°01'3,16" W 73°57'44,03" y a una altitud de 32 msnm (figura 1). Durante este periodo de tiempo el municipio tuvo una temperatura ambiental que osciló entre 25 y 35 °C. El área de estudio corresponde al llamado ecosistema léntico por ser una ciénaga, según Gratton y Zanden (2009), en el que predominan especies de plantas acuáticas enraizadas y/o flotantes, la flora arbórea o arbustiva es escasa (Roldan y Ramírez, 2011).

Procedimientos

El muestreo se realizó cada 5 horas (6:00-11:00-16:00-21:00 h) durante 11 días, para analizar cada una de las etapas de descomposición se procedió a la toma fotografías y anotaciones de los cambios observados; simultáneamente se llevó a cabo el registro de la temperatura corporal (rectal), ambiental y temperatura de agua con un termómetro de inmersión total. Todos los datos fueron anotados y sistematizados. Con el objetivo de analizar y determinar las fases de descomposición y adquirir el tiempo transcurrido entre cada una de ellas, se utilizó la metodología propuesta por Barrios y Wolff (2011) y Ramos-Pastrana *et al.* (2019) donde se reconocen seis fases de reducción cadavérica: fresco sumergido, flotación temprana, descomposición flotante, deterioro de la hinchazón, restos flotantes y restos hundidos. Se documentaron todos los cambios corporales y se relacionaron con las variables climáticas registradas, la fecha, el tipo y hora de muerte, peso, sexo,

localidad, ubicación del lugar y observaciones corporales. Por consideraciones bioéticas, los autores declaran haber cumplido con la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia.

Análisis de la información

Se elaboró una matriz de análisis para documentar cada una de las fases de descomposición del cadáver y su tiempo de duración, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y los cambios corporales. El material entomológico recolectado fue curado e identificado hasta familia por medio de las claves taxonómicas de (Brown *et al.*, 2019), con ayuda de un estereoscopio Nikon SMZ645.

Resultados

Se recolectaron un total de 396 individuos de distintas familias; las familias que se pudieron observar en las diferentes fases fueron Muscidae y Calliphoridae; estos organismos llegaron luego de 24 h; durante este tiempo el cadáver se encontró en la fase de flotación temprana, la primera estuvo presente durante todo el proceso hasta la fase de restos hundidos, mientras en la segunda luego de 168 h, es decir; hasta la fase de restos flotantes y no se logró recolectar porque no hubo presencia en el cuerpo. En lo que corresponde a la familia Sarcophagidae empezó a observarse transcurridas 48 h, en la fase de descomposición flotante y se mantuvo hasta la fase de restos hundidos (figura 2).

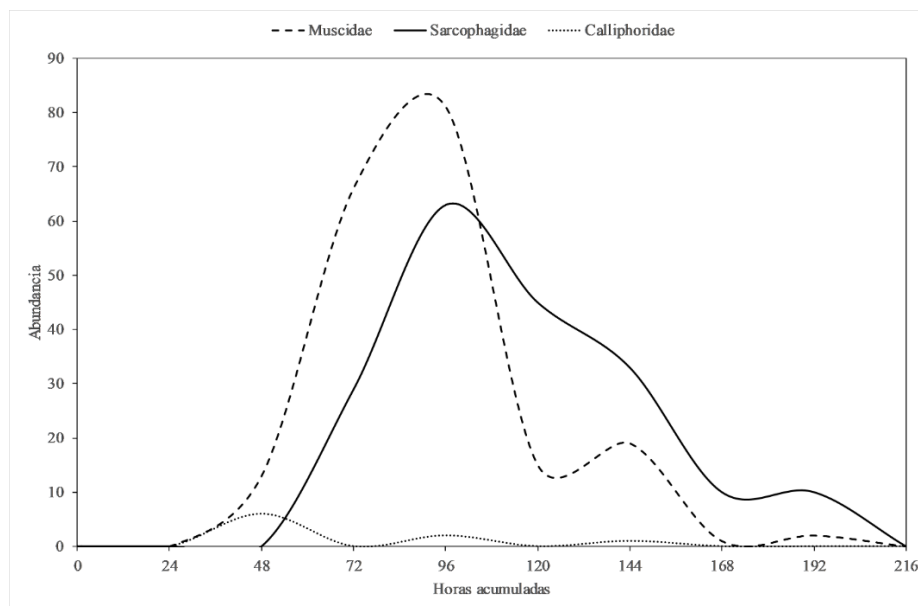


Figura 2. Abundancia de moscas necrófagas durante el tiempo de descomposición de un cadáver de cerdo doméstico en un ecosistema léntico en una Ciénaga de El Banco, Magdalena.

Con respecto al proceso de reducción cadavérica en la ciénaga, se identificaron seis fases de descomposición las cuales se desarrollaron en aproximadamente 230 h. La fase fresca sumergida presentó una duración de dos horas, la fase de flotación temprana fue de 46 h, la fase descomposición flotante tuvo una duración de 38 h, el deterioro de la hinchazón mostró

un tiempo estimado de 72 h, mientras las fases de restos flotantes y restos hundidos presentaron una duración de 34 y 38 horas respectivamente. Asimismo, se evidenció que la temperatura corporal y la temperatura del agua se igualaron luego de dos horas, proceso conocido como *algor mortis* (figura 3).

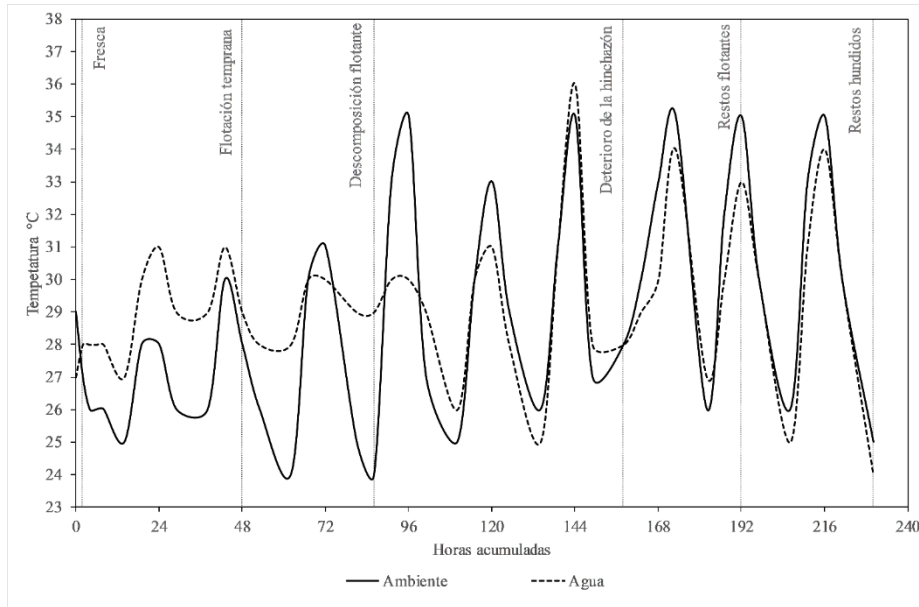


Figura 3. Variación de las temperaturas y las fases de descomposición (líneas verticales) de un cadáver de cerdo doméstico en un ecosistema léntico en una ciénaga de El Banco, Magdalena.

A continuación, se describen las observaciones realizadas de los fenómenos cadavéricos, asociados a cada fase de descomposición.

Fenómenos cadavéricos tempranos

Fresco sumergido (2 h): inició desde el momento en el que el cuerpo es sumergido en el agua hasta que estuvo a flote; el cadáver permaneció debajo del agua durante las primeras dos horas del experimento. Durante este proceso el cadáver presentó fenómenos cadavéricos tempranos como la leve rigidez en las extremidades.

Flotación temprana (36 h): transcurridas dos horas después de la muerte, el abdomen fue una de las primeras partes del cuerpo que salió a flote, lo que es una característica propia de esta fase. (figura 4). Estuvo presente el *rigor mortis* y manchas verdosas en el abdomen, características del periodo cromático; también hubo liberación de fluidos viscosos por el ano y boca. Después de las primeras 24 h se pudo observar como hubo un aumento de la hinchazón con el paso de las horas; en el que no se pudo percibir un olor putrefacto. En esta etapa se observaron las primeras moscas en el cadáver, y pequeños peces entraron por

el ojo de malla.

Fenómenos cadavéricos tardíos

Descomposición flotante (38 h): esta fase inició 48 h luego de la muerte; durante este periodo de tiempo se conservó la hinchazón, sin embargo, se fue reduciendo gradualmente debido a la ebullición de los gases, la mancha cromática fue abracando toda la zona abdominal cambiando a un tono purpura. Se empezó a evidenciar el olor pútrido. Tras las 48 h el cuerpo presentó desprendimiento de la piel y después de 52 h se se pudo observar la pérdida de los ojos por acción de los peces (figura 5).

Deterioro de la hinchazón (72 h): este proceso se pudo observar a partir de las 86 h de muerte, en el que se identificó una reducción significativa de la hinchazón, también se pudo observar gran pérdida de los tejidos blandos por la actividad larval y los peces que se alimentaban del cuerpo; dejando expuestas las vísceras y algunos huesos que originó la desarticulación de sus extremidades y mandíbula. En esta etapa hay presencia de actividad larval y esta se concentra en la región cefálica.

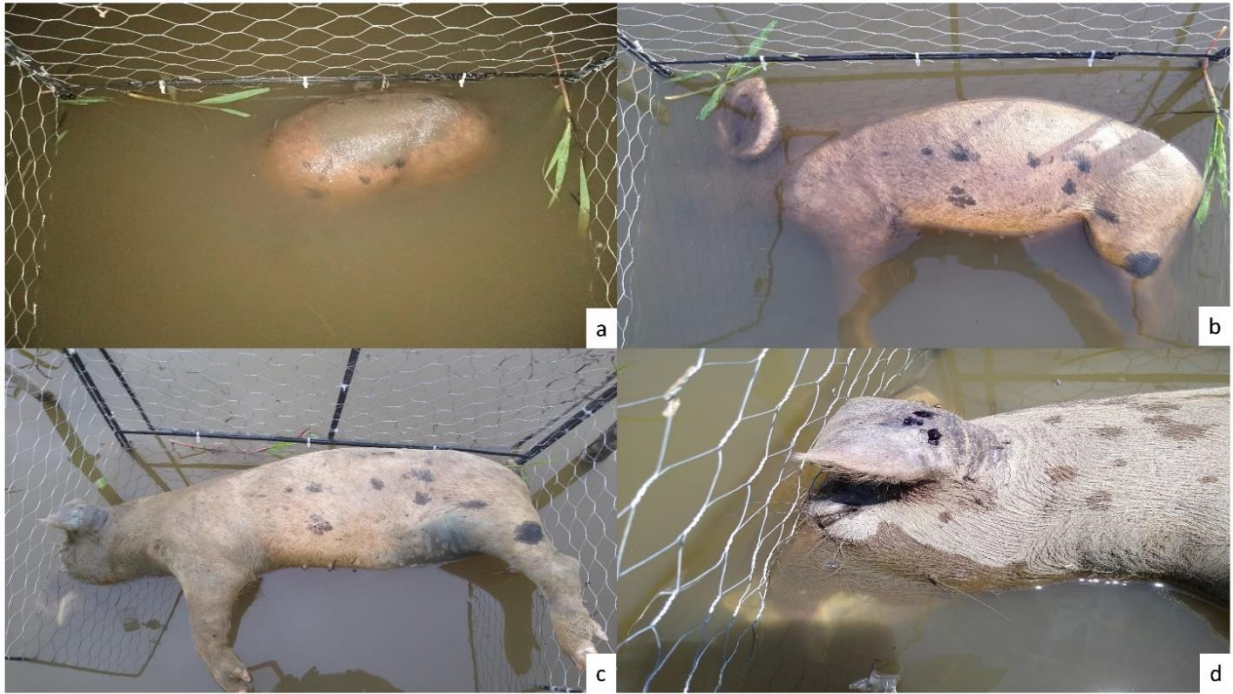


Figura 4. Estado de descomposición flotación temprana en un cadáver de cerdo doméstico en la ciénaga Inasika, Magdalena. (a): jaula metálica para proteger el cadáver de vertebrados carroñeros (b): flotación parcial del cadáver; (c): cadáver con *rigor mortis* y *livor mortis*. (d): exposición de lengua producto de la hinchazón.



Figura 5. Estados de descomposición flotante y deterioro de la descomposición en un cadáver de cerdo doméstico en la ciénaga Inasika, Magdalena. (a): inicio de la descomposición flotante, (b): presencia de moscas opositando en oídos y ojos; (c): inicio de la fase deterioro de la descomposición; (d): región cefálica totalmente descompuesta.

Restos flotantes (34 h): transcurridas 158 h después de la muerte, en esta fase se evidenció el apergaminamiento cutáneo producto de la pérdida del tejido blando y hubo exposición de huesos en las cuatro patas, en lomo, cráneo y mandíbula; el abdomen se encuentra totalmente descubierto (figura 6).

Restos hundidos (38 h): esta fase se presentó a las 192 h posterior a la muerte, en esta etapa solo quedó parte de la piel

del cadáver sobrenadando en el agua y todos sus restos óseos se alojaron al fondo de la ciénaga figura 5. Estados de descomposición restos flotantes y restos hundidos en un cadáver de cerdo doméstico en un ecosistema léntico en la ciénaga. A): inicio de la fase de restos flotantes; b) desprendimiento del cráneo; c) inicio de la fase deterioro de la descomposición; d) región cefálica totalmente descompuesta.



Figura 5. Estados de descomposición restos flotantes y restos hundidos en un cadáver de cerdo doméstico en la ciénaga Inasika. (a): inicio de la fase de restos flotantes. (b): desprendimiento del cráneo. (c): inicio de la fase deterioro de la descomposición. (d). región cefálica totalmente descompuesta.

Discusión

Dada todas las implicaciones legales que representa obtener cadáveres humanos para llevar a cabo estos experimentos, se ha optado por utilizar cerdos puesto que se asemejan al ser humano; como, por ejemplo, la cantidad de vello, tamaño del torso, flora intestinal, hábitos alimenticios y procesos de descomposición (Goff *et al.*, 1988). A menudo, el uso de biomodelos tafonómicos en el análisis forense permite estimar intervalo *postmortem* (IPM), asimismo, recrear las condiciones antes y después del depósito del cadáver y discriminar los factores en los restos óseos que son consecuencia de la conducta humana, producidos por sistemas biológicos, físicos, químicos y geológicos (García *et al.*, 2009).

Las etapas de descomposición observadas en este estudio concuerdan con lo planteado por Barrios (2007); Latorre, (2010);

Ramos-Pastrana *et al.* (2019). En el estudio se pudo observar la diferencia que hay entre ecosistemas acuáticos y terrestres, en el que una de las principales diferencias que se puede registrar va relacionada al número de fases en descomposición; durante el estudio se pudo registrar seis fases de descomposición a diferencia de los cuerpos que se encuentra en hábitats terrestres en donde generalmente, se pueden observar cinco fases según lo planteado por Anderson y VanLaerhoven (1996); Wolff *et al.* (2001); Salazar (2008). No obstante, para que ocurra la descomposición completa de un cadáver dentro del agua influyen una serie de factores ambientales como el clima y la influencia de depredadores; ya que son determinantes al momento de calcular el Intervalo de Sumersión *Postmortem* (ISPM) (Payne y King, 1972); por ello, es pertinente tener en cuenta factores ambientales en cada caso, ya que aunque todos los estudios mencionados a continuación se desarrollaron en un

ecosistema léntico, presentan variantes como el tipo de hábitat en el que se realizó el experimento. Este tipo de estudio ha sido desarrollado en el país, por Latorre (2010) quien desarrolló los experimentos en un reservorio de agua en la Sabana de Bogotá, en la temporada de lluvias en donde las temperaturas presentaron un rango de temperatura entre 16 y 23 °C; mientras, Barrios y Wolf (2007) llevaron a cabo su experimento en un lago ubicado en el área rural del municipio de Facatativá, Cundinamarca, con una temperatura promedio de 13°C. Ramos-Pastrana *et al.* (2019) realizó su experimento en un lago en la zona rural de Florencia y en el piedemonte amazónico colombiano, donde la temperatura promedio durante el estudio fue de 27 °C.

En primer lugar, la fase flotación temprana tuvo una duración de 46 h en el presente estudio, mucho menor que en otras investigaciones en donde se registraron tiempos de seis días como en Latorre (2010) y de 11 días como el estudio de Barrios (2007); sin embargo, esta fue mayor en comparación al estudio realizado en la Amazonía colombiana en donde la fase de flotación se pudo observar a las 24 horas (Ramos-Pastrana *et al.*, 2019). Con respecto a la fase descomposición flotante, esta presentó una duración de 38 h fue mucho menor a lo registrado por Latorre (2010) quien reportó un rango de duración entre seis y ocho días; Barrios (2007) reportó un periodo de tiempo de 12 días y Ramos-Pastrana *et al.* (2019) lo registró en dos días. En el caso de la fase deterioro de la hinchazón, se documentó una duración estimada de 72 h diferente de lo expuesto por Latorre (2010) quien realizó el reporte a los 15 días, mientras Barrios (2007) reportó una duración de nueve días y Ramos-Pastrana *et al.* (2019) sólo 48 h. La fase de restos flotantes para el estudio tardó 34 h lo que es diferente a lo reportado por Latorre (2010) quien señaló 34 días para el desarrollo de esta fase, mientras Barrios (2007) ocho días y Ramos *et al.* (2019) tres días. Finalmente, se registra 38 h de duración para la fase de restos hundidos, mientras que los resultados presentados por Barrios (2007), Latorre (2010) y Ramos-Pastrana *et al.* (2019) fueron entre 3 y 13 días.

En relación a la temperatura corporal, Barrios (2007) señala que los minutos antes del sacrificio fue de 37°C, luego de 8 h del deceso estando sumergido descendió a 28°C y a las 48 h fue de 16°C, igual a la temperatura del agua, el pH del agua se mantuvo en un valor 6,9 durante todo el proceso; mientras que Latorre (2010) reportó una temperatura inicial de 38°C luego de 48 h, que posteriormente se redujo hasta llegar a los 15 °C; no obstante, la temperatura se igualó a la temperatura ambiente que osciló entre los 15,4°C y 19 °C, la lectura del pH en el lago

presentó un valor de 7 y se mantuvo durante todo el muestreo; según lo reportado por Ramos-Pastrana *et al.*, (2019) durante las primeras 24 horas después de la muerte; la temperatura de los cuerpos disminuyó hasta la temperatura del agua a los 24,5°C, en cuanto, al pH del agua se mantuvo estable y con un valor de 6 durante todo el proceso de descomposición. En el estudio, se presentó una temperatura inicial de 33°C y luego de 2 h bajó a 28°C para luego después mantenerse en la temperatura ambiente, mientras el pH de la cienaga se mantuvo en 7,2 durante todo el muestreo. Se consideró que la razón para estas diferencias en la descomposición es la velocidad en la cual el cuerpo pierde calor, debido a que el proceso en el agua se considera que es dos veces más acelerado que en el proceso del cuerpo que el pierde calor que en el aire (Smith, 1986; Gennard, 2007), asimismo, las bajas temperaturas no favorecen la actividad bacteriana ni la actividad de los insectos (Shean *et al.*, 1993).

En cuanto a la entomofauna cadavérica, Barrios (2007) reportó haber recolectado ejemplares de forma adulta mientras el cuerpo del cerdo estuvo sumergido entre los organismos que se encontraron están (Coleoptera: Hydrophilidae), *Chironomus* sp. (Diptera: Chironomidae), *Centrocorisa* sp., (Hemiptera; Corixidae), *Notonecta* sp. (Notonectidae); es necesario resaltar que se han observado de forma frecuente la presencia de depredadores como *Erythrodiplax* sp., *Acanthagrion* sp. y *Rionaeschna* sp., como también *Rionaeschna* sp. (Odonata; Aeshnidae) y *Centrocorisa* sp. (Hemiptera) estando presente sobre el cadáver inmerso en el lago, al igual que larvas de *Carpophthoromyia nigribasis*, dípteros adultos de la familia Calliphoridae como *Comptosomylops verena*, *Lucilia peruviana*, *Chrysomya albiceps* y *Chrysomya megacephala*, en cuanto a la familia Muscidae se destacó la presencia de *Ophyra aenescens*, *Hydrotaea villosa*, *Musca domestica*, *Trichomorella nigritibia*, mientras, para la familia Fannidae se observaron ejemplares del género *Fannia* sp. y Sarcophagidae (*Helicobia* sp.) se encontraron sobrevolando el cuerpo.

Latorre (2010) reporta que los insectos fueron recolectados de forma adulta, donde el orden Diptera fue el más abundante con 3930 individuos, representados principalmente por las familias Chironomidae (2905), Dixidae (265) y Muscidae (260). Seguido por el orden Odonata con 1200 individuos representados por las familias Coenagrionidae (828), Aeshnidae (284), Libellulidae (78); el orden Heteroptera (166) y Coleoptera (147), y escasos ácaros de la clase Aracnida, Collembola, Ephemeroptera, Hymenoptera y Lepidoptera.

Asimismo, en el experimento propuesto por Ramos-Pastrana *et al.* (2019), se recolectaron de forma adulta un total de 2 757 organismos asociados a las canales sumergidas en ambientes lénticos, las familias de Gerridae, Notonectidae y Coenagrionidae estuvieron presentes desde recién sumergido hasta la etapa de descomposición flotante. *Cochliomya macellaria* y *Chrysomya albiceps* (Calliphoridae) estuvieron presentes desde la descomposición flotante hasta la etapa de restos flotantes.

En nuestro estudio, la presencia de la entomofauna cadavérica estuvo afectada por las lluvias, ya que las condiciones climáticas no permitieron que los insectos voladores provocaron que no una baja abundancia y la actividad larval fue reducida. Por otro lado, la presencia constante de peces que se alimentaban del cadáver y de los pocos insectos presentes no permitió que se realizará una cuantificación de los macroinvertebrados acuáticos en el cuerpo, lo que redujo la recolecta de individuos de forma adulta a 396 pertenecientes a las familias de Muscidae, Calliphoridae y Sarcophagidae.

Con base a todo lo planteado, se confirma que el tiempo de colonización por insectos u otros artrópodos, y el proceso de reducción cadavérica se ve afectada por factores como la localidad geográfica, la exposición del cadáver, la estación y el hábitat donde se encuentra el cadáver (Payne, 1965); como lo mencionado por Segura (2009) en el que destaca que las recolectas de individuos en días lluviosos podrían estar sesgados y se perderá información para calcular el tiempo transcurrido luego de la muerte; precisamente porque los factores ambientales ejercen un efecto mayor sobre el desarrollo de los insectos terrestres son probablemente la temperatura y la humedad, debido a que estos influyen en las actividades tales como alimentación, dispersión, ovoposición o larviposición y en el ciclo de desarrollo. En el caso de los cuerpos que experimentan este proceso en un ecosistema acuático, se reconocen dos factores que pueden tener un papel muy importante en el proceso de descomposición, una es la presencia de prendas de vestir y el tipo de trauma que presente el cadáver; y la otra es la está determinada por la influenciadas por las condiciones ambientales presente el medio acuático, en la que se destaca el efecto de las lluvias, la concentración de oxígeno disponible en el medio y la presencia de depredadores (Merritt y Wallace, 2010).

Conclusiones

Durante el estudio se pudo determinar las distintas fases de descomposición de un cadáver de cerdo sumergido, también se

estableció el tiempo estimado de reducción cadavérica, el cual correspondió a 11 días, para el caso específico de una ciénaga en época lluviosa, se corroboró que existen factores que van a acelerar o retardar el proceso de reducción cadavérica, estos pueden ser la época de año en el que se realizó, las condiciones climáticas del lugar, el tipo de ecosistema. Es importante mencionar, que durante este caso de estudio hubo carroña de pequeños peces que lograron a travesar el ojo de malla de la jaula y que impidieron la llegada de insectos acuáticos. Se recomiendan en futuros estudios emplear una red con un ojo de 1 cm, con el fin impedir la entrada de peces con un rango de talla aproximado a lo recomendado.

Finalmente, teniendo en cuenta que la descomposición de los cuerpos inicia con la muerte y avanza mediante una serie de cambios conocidos como estados de descomposición o fenómenos cadavéricos, se observó que cada una de fases de descomposición del cadáver tiene unas características particulares, como lo son los tiempos de duración, ciencia conocida como tafonomía forense, este proceso a su vez atrae a una varias de especies de insectos que pueden ser utilizados por la entomología forense, el cual en sinergia con otras áreas aportarán información relevante para la determinación del ISPM en este tipo de ecosistemas acuáticos.

Referencias

- Alvarado, E. V. 1999. *Medicina Legal (Segunda edición)*. Trillas, México D.F.
- Amat, E., Ramírez-Mora, M., Buenaventura, E. y Gómez-Peñeres, L. M. 2013. Variación temporal de la abundancia en familias de moscas carroñeras (Diptera, Calypttratae) en un valle andino antropizado de Colombia. *Acta Zoologica Mexicana* 29: 463–472. Doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2013.2931591>.
- Anderson, G. y VanLaerhoven, S. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 41: 139-64. Doi <https://doi.org/10.1520/JFS13964J>.
- Baltimore, W., Elias, M. y Henríquez, N. 2011. Arqueología forense en la identificación de restos humanos, como parte de una técnica realizada para la investigación del delito. Tesis de pregrado, Universidad del Salvador, El Salvador.
- Barrios, M. y Wolff, M. 2011. Initial study of arthropods succession and pig carrion decomposition in two freshwater ecosystems in the Colombian Andes. *Forensic Science International* 212: 164–172. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.06.008>.

- Beltrán, Y., Segura, N. y Bello, F. 2012. Synanthropy of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) in Bogotá, Colombia. *Neotropical Entomology* 41: 237-242. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0036-x>.
- Benecke, M. 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International* 120(1-2) 2-14. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00409-1](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00409-1).
- Brown, B, V., Borkent, A., Cumming, J, M., Wood, D, M., Woodley, N, E. y Zumbado, M.A. 2019. *Manual of Central American Diptera*. NRC Research Press, Edmonton.
- Buenaventura, E., Valverde-Castro, C. y Wolff, M. 2021. New carrion-visiting flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) from tropical dry forests of Colombia and their phylogenetic affinities. *Acta Tropica* 213:105720 Doi: 105720. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105720>.
- Camacho, G. 2016. Entomología forense en la investigación científica y judicial de las muertes. En: Sanabria, C. Editores. *Patología y antropología forense de la muerte: la investigación científico -judicial de la muerte y la tortura, desde las fosas clandestinas hasta la audiencia pública*. Forensic Publisher, Bogotá D.C.
- Centro Nacional de Memoria Histórica (CMH). 2018. Desaparición forzada. En: Sánchez Gómez, G. y Medina-Arbeláez, C. *Desaparición forzada. Balance de la contribución del CNMH al esclarecimiento histórico*. CNMH, Bogotá D.C.
- Centro Nacional de Memoria Histórica (CMH). 2013. *¡BASTA YA! Colombia: Memorias de guerra y dignidad*. Imprenta Nacional, Bogotá D.C.
- Concheiro, L. y Suárez, J. 2004. Asfixias Mecánicas. En: Villanueva-Cañadas, E. Editor. *Medicina Legal y Toxicología sexta edición*. Editorial Masson S.A., Barcelona.
- Cortés, R. y Salazar, M. 2006. Determinación de la arthropofauna cadavérica y fenómenos de descomposición para cerdo doméstico (*Sus scrofa*) inmerso en agua en el municipio de Zipaquirá, Vereda San Jorge, Finca El Jazmín. Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, D.C.
- García, A., Honorato, L., González, M. y Téllez, A. 2009. Determinación del intervalo *postmortem* mediante el estudio de la sucesión de insectos en dos cadáveres hallados en el interior de una finca rústica en Madrid. *Cuadernos de Medicina Forense* 15: 137-145. Doi: <https://doi.org/10.4321/S1135-76062009000200004>.
- Gennard, D. 2007. *Forensic entomology: an introduction*. British Library, Chichester.
- Goff, M.L., Omori, A.I. y Gunatilake, K. 1988. Estimation of Postmortem interval by arthropod succession. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 9: 220-225. Doi: <https://doi.org/10.1097/00000433-198809000-00009>.
- Gratton, C. y Zanden, M. 2009. Flux of aquatic insect productivity to land: comparison of lentic and lotic ecosystems. *Ecology* 90: 2689-2699. Doi: <https://doi.org/10.1890/08-1546.1>.
- Hernández, L., Beltrán, K. y Valverde-Castro, C. 2021. Tafonomía forense: estudio experimental del proceso de descomposición cadavérica en un bosque seco tropical costero. *Duazary* 18: 71-85. <https://doi.org/10.21676/2389783X.3839>.
- Krenzer, U. 2006. *Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico: Estimación de la edad osteológica en subadultos (primera)*. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas, Guatemala.
- Latorre, L. 2010. Relación de la entomofauna asociada a la descomposición de cuerpos de cerdo con el tiempo de sumersión posmortem (ISPM) en un ecosistema léntico de la sabana de Bogotá. Tesis de Maestría, Universidad de Colombia, Bogotá D.C.
- Montoya, A.L., Sánchez, J.D. y Wolff, M. 2009. Sinantropía de Calliphoridae (Diptera) del Municipio La Pintada, Antioquia -Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 73 -82. Doi: <https://doi.org/10.25100/socolen.v35i1.9193>.
- Merritt, R. y Wallace, J. 2010. The role of aquatic insects in forensic investigations. En: Byrd, J. Editor. *Forensic entomology the utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press, Boca Ratón.
- Payne, J.A. 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus Scrofa* Linnaeus. *Ecology* 46: 592-602. Doi: <https://doi.org/10.2307/1934999>.
- Payne, J.A. y King, E.W. 1972. Insect succession and decomposition of pig carcasses in water. *Journal of the Georgia Entomological Society* 7:153-162.
- Ramírez-Mora, M., Buenaventura, E., Gómez-P, L. y Amat, E. 2012. Updated checklist and new records of Calypttrae carrion flies (Diptera, Schizophora) from Valle de Aburrá and other localities in Colombia. *Entomotropica* 27: 27-35.

- Ramos-Pastrana, Y., Velásquez-Valencia, A. y Wolff, M. 2014. Preliminary study of insects associated to indoor body decay in Colombia. *Revista Brasileira de Entomologia* 58: 326-332. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0085-56262014005000006>.
- Ramos-Pastrana, Y. y Wolff, M. 2017. Postmortem interval estimation based on *Chrysomya albiceps* (Diptera, Calliphoridae) in a forensic case in the Andean Amazon, Caquetá, Colombia. *Acta Amazonica* 47: 369 -374. Doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201700392>.
- Ramos-Pastrana, Y., Virgüez-díaz, Y. y Wolff, M. 2018. Insects of forensic importance associated to cadaveric decomposition in a rural area of the Andean Amazon, Caquetá, Colombia. *Acta Amazonica* 48:126-136. Doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201701033>.
- Ramos-Pastrana, Y., Rafael, J.A. y Wolff, M. 2019. Pig (*Sus scrofa*) decomposition in lotic and lentic aquatic systems as tool for determination a postmortem submersion interval in the Andean Amazon, Caquetá, Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos* 23: 55-72. Doi: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.3>.
- Roldan, Pérez, G. y Ramírez, Restrepo, J. 2011. Fundamentos delimitología neotropical (Segunda edición). Universidad de Antioquia, Medellín.
- Salazar, O. 2008. Estudio de la entomofauna sucesional asociada a la descomposición de un cadáver de cerdo doméstico (*Sus scrofa*) en condiciones de campo. *Universitas Scientiarum Revista de La Facultad de Ciencias* 13: 21-32.
- Salazar-Ortega, J.A., Amat, E. y Gomez-Piñerez, L. 2012. A check list of necrophagous flies (Diptera: Calyptratae) from urban area in Medellín, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 562-565. Doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.983>.
- Sánchez, A.F. y Fagua, G. 2014. Análisis sucesional de Calliphoridae (Diptera) en cerdo doméstico en pastizales (Cogua, Cundinamarca, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 40: 190-197.
- Santodomingo, M., Santodomingo-Santodomingo, A. y Valverde-C, C. 2014. Urban blow flies (Diptera: Calliphoridae) in four cities of the Colombian Caribbean coast. *Intropica* 9: 84-91. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.1443>.
- Segura, N., Usaquén, W., Sánchez, M.C., Chuaire, L. y Bello, F. 2009. Succession pattern of cadaverous entomofauna in a semi-rural area of Bogotá, Colombia. *Forensic Science International* 187: 66-72. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.02.018>.
- Shean, B.S., Messinger, L. y Papworth, M. 1993. Observaciones de descomposición diferencial en carroña de cerdo expuesta al sol versus a la sombra en la costa del estado de Washington. *Revista de Ciencias Forenses* 38 (4): 938-949.
- Simmons, T., Cross, P., Adlam, R. y Moffatt, C. 2010. The influence of insects on decomposition rate in buried and surface remains. *Journal of Forensic Sciences* 55: 889-892. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01402.x>.
- Smith, K. 1986. *A Manual of forensic entomology. Department of Entomology British Museum (Natural History) and Cornell University Press.* London.
- Unidad para las víctimas. 2020. En el Magdalena, la unidad entrega resultados de su gestión unidad para las víctimas. URL <https://www.unidadvictimas.gov.co/es/institucional/en-imagdalena-la-unidad-entrega-resultados-de-su-gestion/56649>. Consultado: 30 de septiembre de 2022.
- Uribe-M, N., Wolff, M. y Carvalho, C. J. B. 2010. Synanthropy and ecological aspects of Muscidae (Diptera) in a tropical dry forest ecosystem in Colombia. *Revista Brasileira de Entomologia* 54: 462-470. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000300018>.
- Valverde Castro, C., Buenaventura, E., Sánchez-Rodríguez, J.D. y Wolff, M. 2017. Flesh flies (Diptera: Sarcophagidae: Sarcophaginae) from the Colombian Guajira biogeographic province, an approach to their ecology and distribution. *Zoologia* 35:e12277. Doi: <https://doi.org/10.3897/zoologia.34.e12277>.
- Vélez, M.C. y Wolff, M. 2008. Rearing five species of Diptera (Calliphoridae) of forensic importance in Colombia in semicontrolled field conditions. *Papeís Avulsos de Zoologia* 48: 41 -47. Doi <https://doi.org/10.1590/S0031-10492008000600001>.
- Wolff, M., Uribe, A., Ortiz, A. y Duque, P. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International* 120: 53-59. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00422-4](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00422-4).
- Yepes, D., Sánchez, J.D., De Mello, C.A. y Wolff, M. 2013. Sinantropía de Sarcophagidae (Diptera) en La Pintada, Antioquia-Colombia. *Revista de Biología Tropical* 61: 1275-1287. Doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i3.11955>.