

La transferencia indirecta de indicios biológicos: un modelo de entomología forense empleando larvas de Calliphoridae (Diptera)

Bello Cruz Giselle¹, Ruiz Flores Raymundo Lael ¹, Martinez Quiroz Joel²✉

¹Ingeniería en Biomedicina, Universidad Anáhuac Campus Xalapa, México.

²Dirección General de los Servicios Periciales, FGE Veracruz, México.

✉ joemartinez@uv.mx

Datos del artículo

Cita

Bello-Cruz G, Ruiz-Flores RL, Martinez-Quiroz J. La transferencia indirecta de indicios biológicos: un modelo de entomología forense empleando larvas de Calliphoridae (Diptera). ReCiF, Año 4; Núm.2: 22-30

Editor

Lucas Roberto Pereira Gomes

Revisión por pares:
Dos

Recibido

2/abril/2025

Aceptado

30/agosto/2025

Publicado

30/octubre/2025

Creative Commons CC-BY-NC-SA 4.0 Internacional

Resumen

El presente trabajo desarrolla un modelo de entomología forense enfocado en la transferencia indirecta de indicios biológicos, particularmente en el contexto de agresiones sexuales y feminicidios. Se destaca la importancia de detectar en la víctima marcadores biológicos indicativos de la presencia de semen, como el antígeno prostático específico (PSA, por sus siglas en inglés), para sustentar la ocurrencia de la agresión.

El estudio utilizó carne de cerdo, junto con sangre y semen humanos para desarrollar un modelo experimental que simula un cadáver en descomposición. Se evaluó la capacidad de las larvas de mosca de los géneros *Calliphora* y *Lucilia* para transferir el semen a lo largo de su ciclo biológico. El modelo propuesto incluyó tres etapas fundamentales: la recolección de larvas hasta su tercer estadio, su conservación en etanol al 80% bajo refrigeración y la disección de una porción del estómago de los especímenes para su análisis. Los resultados evidenciaron que el PSA permaneció estable y detectable hasta nueve días después de la ovoposición de las moscas, lo que demuestra la persistencia de este marcador biológico a lo largo de los tres estadios larvarios. Se concluye que el modelo propuesto es económico, viable y con potencial para evaluar la persistencia y estabilidad de otros marcadores seminales, así como del material genético del presunto agresor.

Palabras clave: feminicidio, antígeno prostático específico, *post-mortem*.

Abstract

The present study develops a forensic entomology model focused on the indirect transfer of biological evidence, particularly in the context of sexual assaults and femicides. The importance of detecting biological markers indicative of semen presence in the victim, such as prostatic-specific antigen (PSA), is emphasized to support evidence of the assault. The study utilized pig flesh, along with human blood and semen, to develop an experimental model simulating a decomposing corpse. The ability of *Calliphora* and *Lucilia* fly larvae to transfer semen throughout their biological cycle was evaluated. The proposed method comprised three fundamental stages: the collection of larvae up to their third instar, their preservation in 80% ethanol under refrigeration, and the dissection of the specimens' crop for further analysis. The results demonstrated that PSA remained stable and detectable up to nine days after fly oviposition, confirming the persistence of this biological marker throughout the three larval instars.

It is concluded that the proposed model is cost-effective, feasible and has potential for assessing the persistence and stability of other seminal markers, as well as the genetic material of the alleged perpetrator.

Keywords: femicide, prostate specific antigen, *post-mortem*.

Introducción

La transferencia de indicios entre víctima y victimario puede ser directa, cuando ocurre entre los implicados en el evento, o indirecta, cuando un objeto o sujeto intermediario interviene en el depósito de los rastros (1). La agresión sexual es una razón de género para acreditar el feminicidio y es ministerio de las fiscalías estatales en México, iniciar la investigación que acredite tal hecho (2). Al respecto, el protocolo de investigación ministerial, pericial y policial con perspectiva de género para el delito de feminicidio instruye la toma y análisis de muestras biológicas en la víctima para la búsqueda de indicadores de semen (3). Entre estos indicadores se tiene a la fosfatasa ácida prostática, al antígeno específico de la próstata (PSA), a la semenogelina y a los espermatozoides (4). Lo anterior, aunado a las lesiones que presente la víctima, acreditan la agresión de índole sexual y permite incluso determinar la identidad del atacante al correlacionar su perfil genético con el del indicio biológico recolectado (5). No obstante, la ventana de detección de estos indicadores de líquido seminal está limitada por diversos factores como la humedad, la temperatura, el pH (6), la naturaleza de la superficie en la que se depositan los indicios biológicos (7) y para el caso particular de cadáveres está determinada por el grado de descomposición que presente el cuerpo de la víctima (8). El objetivo del presente estudio es presentar un modelo de entomología forense basado en la transferencia indirecta de un indicio biológico, el cual permita identificar a un marcador de semen humano (PSA), en la etapa larvaria de *Lucilia mexicana* Macquart, 1843 y de una especie no identificada de *Calliphora* Robineau-Desvoidy, 1830 empleando carne de cerdo, así como sangre y semen.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en un patio anexo al laboratorio de Química Forense de la Dirección General de los Servicios Periciales del estado de Veracruz en el periodo del 19 de septiembre al 29 de octubre de 2024. Se utilizaron fragmentos homogéneos de carne fresca de cerdo (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758), con un peso aproximado de 30 gramos, los cuales fueron colocados en contenedores de plástico PET elaborados con material reciclado a fin de fungir como trampa de moscas (Figura 1). Cada trampa se colocó en un anaquel y protegida de la intemperie y de la luz solar directa. Cada una de ellas consistió en un dispositivo con un único orificio de entrada de aproximadamente 5 mm de diámetro, diseñado para permitir el ingreso de moscas. Este orificio permanecía sellado durante los periodos sin observación experimental. Durante las sesiones de observación, una vez que un espécimen ingresaba al interior, el orificio se sellaba con papel parafilm, evitando tanto la salida del insecto como la entrada de nuevos ejemplares.



Figura 1. Dispositivo tipo trampa de insectos para el modelo propuesto.

El experimento incluyó carne de cerdo, además de sangre y semen humano, en volumen de 1 y 5 mL respectivamente; fluidos de preferencia probada en otro estudio entomológico (9), cuyo propósito es el de simular un modelo de cadáver en descomposición con indicios biológicos compatibles con una agresión sexual. La sangre y el semen fueron aportados por donantes femenino y masculino, respectivamente, bajo consentimiento informado conforme a la legislación vigente (Artículo 322 de la Ley General de Salud).

Se consideraron únicamente ejemplares de *Lucilia mexicana* y *Calliphora* sp., moscas de la región que, según la literatura (10, 11), suelen presentarse en las primeras horas *post-mortem* y son características de climas templados a fríos (12). En la tabla 1 se establecen las condiciones y requerimientos de las trampas de insectos que permitieron generar el modelo, así como los tratamientos instaurados.

Condiciones de la trampa	Tratamiento		
	Csafe	Ccafe	Cssf
Carne de cerdo (sustrato)	Sí	Sí	Sí
Sangre	Sí	Sí	Sí
Semen	Sí	Sí	No
Acceso a entomofauna	No	Sí	Sí
Recolección de larvas	No	Sí	Sí
Hisopado del sustrato	Sí	No	No

Abreviaciones: Csafe = carne con semen y sin acceso a fauna entomológica
Ccafe = carne con semen y con acceso a fauna entomológica
Cssf = carne sin semen y con acceso a fauna entomológica

Tabla 1. Condiciones, requerimientos y tratamientos del modelo experimental propuesto.

Tras la ovoposición y una vez iniciado el desarrollo larvario, se recolectaron nueve especímenes de forma aleatoria de cada tratamiento, abarcando los tres estadios de crecimiento larval. Las larvas fueron conservadas en una solución de etanol al 80% conforme lo establecido por Amendt *et al.* (13) y refrigeradas durante tres días. Posteriormente, se registró su tamaño mediante vernier.

En el tratamiento Csafe, en el que no se observó desarrollo larvario, la presencia o ausencia de la proteína PSA fue evaluada mediante la aplicación de hisopos de algodón (hisopado) en la superficie del sustrato. Para las larvas, el procedimiento incluyó la evaporación al aire del etanol residual sobre su superficie y la disección de la región estomacal denominada “ventrículo” utilizando un microscopio estereoscópico Leica MZ6 y equipo de disección. Los cortes de tejido se homogenizaron individualmente en tubos cónicos de plástico (Eppendorf), utilizando 1 mL de solución tampón de fosfatos a pH 7.4. Las muestras fueron centrifugadas a 1,500 rpm durante 10 minutos, y el sobrenadante se utilizó como extracto de interés.

El análisis de los hisopos siguió el mismo procedimiento que el aplicado a los homogenados tisulares. La detección del antígeno específico de la próstata (PSA) se llevó a cabo utilizando un kit inmunocromatográfico (Seratec® PSA Semiquant, lote 230048), conforme a las instrucciones del fabricante.

Resultados

El periodo de estudio presentó temperatura y la humedad ambiental promedio de 24°C y 55% respectivamente, en las lecturas diurnas, y de 18°C y 53% en las lecturas nocturnas, es decir, un clima templado. Durante este lapso se identificó el arribo a la trampa de moscas adultas del género *Lucilia* con base en el abdomen y tórax verde brillante, la cresta supraescual con setas, una calíptera inferior sin vellos y el rasgo distintivo de más de una fila de cerdas postoculares color negro en su cabeza, reportada como *Lucilia mexicana* (10). Asimismo, se identificó el arribo de moscas adultas con presencia de abdomen y tórax color azul oscuro metálico, ausencia de cresta supraescual, calíptera inferior con vellos y ausencia de cerdas postoculares en su cabeza, del género *Calliphora* aunque sin plena identificación de especie debido a evidencia insuficiente en su taxa en la región de estudio (10, 11).

Tras la ovoposición, se recolectaron indistintamente, entre los días 4 y 9, las larvas correspondientes a estas especies. La observación microscópica permitió distinguir en las larvas la parte anatómica a disecar, la cual presentaba una coloración diferenciada respecto al resto del cuerpo del espécimen (ver óvalo color azul, figura 2).



Figura 2. Larva de mosca *Calliphoridae* recolectada en su segundo estadio larvario.

La observación microscópica reveló especímenes de distintos tamaños según su estadio de desarrollo. El tejido aislado fue homogeneizado, centrifugado y el sobrenadante se utilizó como extracto para la determinación de PSA. Los hallazgos obtenidos (tabla 2 y figura 3), fueron los siguientes:

Tratamiento	Estadio ó término	Tamaño promedio	Resultado de PSA	Número de réplicas
Csafe	Día 4	N/A	Positivo	n = 3
	Día 6	N/A	Positivo	n = 3
	Día 9	N/A	Positivo	n = 3
Ccafe	Primero	5 x 2 mm	Positivo	n = 3
	Segundo	10 x4 mm	Positivo	n = 3
	Tercero	17 x 6 mm	Positivo	n = 3
Cssfe	Primero	5 x 2 mm	Negativo	n = 3
	Segundo	10 x4 mm	Negativo	n = 3
	Tercero	17 x 6 mm	Negativo	n = 3

Término se refiere el número de días transcurridos desde la ovoposición.

Csafe = carne con semen y sin acceso a fauna entomológica

Abreviaciones: Ccafe = carne con semen y con acceso a fauna entomológica

Cssfe = carne sin semen y con acceso a fauna entomológica

N/A = No aplica.

Tabla 2. Resultados de la observación microscópica y ensayo PSA de los tratamientos a las larvas.

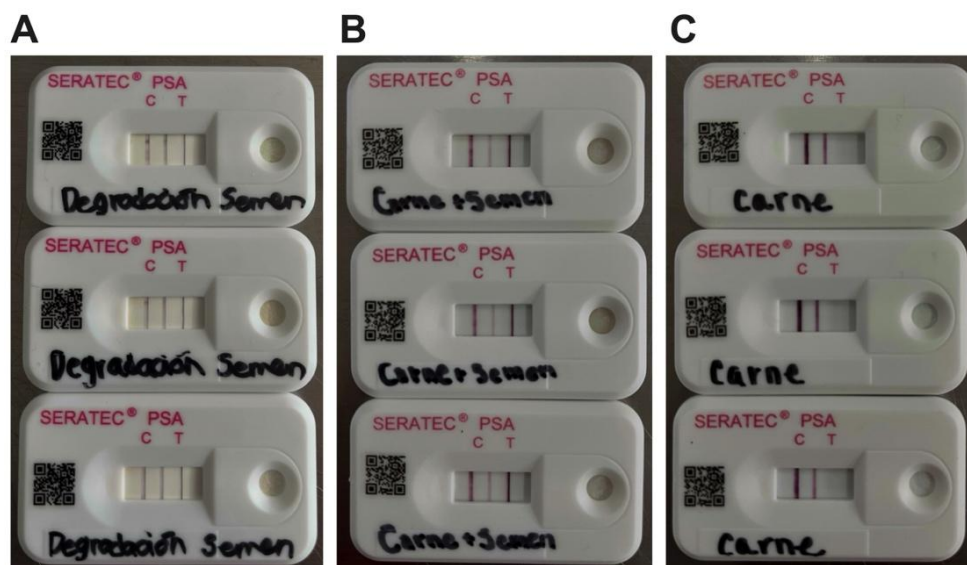


Figura 3. Resultados del ensayo para PSA en los extractos de los tratamientos: *Csafe* (panel A), *Ccfe* (panel B) y *Cssf* (panel C).

Abreviaciones: *Csafe* = carne con semen y sin acceso a fauna entomológica
Ccfe = carne con semen y con acceso a fauna entomológica
Cssf = carne sin semen y con acceso a fauna entomológica

Discusión

El modelo de transferencia indirecta de un indicio biológico, utilizando las especies del género *Calliphora* y *Lucilia* como intermediarios entre la potencial víctima, en este caso, la carne de cerdo con sangre humana, y el vestigio biológico del agresor (líquido seminal humano), demostró ser efectivo debido a la persistencia del antígeno específico de la próstata (PSA) hasta nueve días después de la ovoposición de las moscas. Durante la etapa de recolección de las larvas no se preponderó a *Lucilia* sobre *Calliphora* o viceversa, debido a que un reporte previo (14) afirma que la dispersión espacial de las larvas en un sustrato no es homogénea y, por tanto, las larvas tienden a agregarse independientemente de la especie que se traten (14).

El resultado positivo en el grupo *Csafe* evidenció la estabilidad del marcador de semen durante este periodo, mientras que el resultado negativo en el grupo *Cssf* confirmó que ninguna sustancia derivada de la descomposición del tejido porcino interfirió en el ensayo de PSA. También se corroboró que el empleo de cerdo como modelo experimental del ser humano es eficaz debido a que ambos tejidos en descomposición presentan fauna entomológica similar al menos en la primera etapa de descomposición (15).

El uso de carne de cerdo como modelo experimental resultó adecuado debido a su fácil accesibilidad, potencial de replicación y la ausencia de requerimientos de autorización por parte de comités de ética para el uso de animales de laboratorio. La idoneidad del cerdo como modelo de cadáver humano ha sido destacada en diversos estudios forenses, incluyendo investigaciones como la geolocalización de fosas clandestinas (16), la validación de métodos para estimar el intervalo *postmortem* (17) y estudios sobre las similitudes con el cuerpo humano en términos de masa corporal,

anatomía, composición, tejido tegumentario, microbiota del tracto gastrointestinal y procesos de descomposición *postmortem* (15).

En cuanto a las larvas, se obtuvieron resultados prometedores con los estadios segundo y tercero, en concordancia con los estudios de Powers *et al.* (18), los cuales indican que estas etapas son más frecuentemente encontradas en la escena del crimen y presentan el mayor tamaño larval (18). Estas etapas también se caracterizan por un mayor consumo de sustrato, lo que optimiza la recuperación del indicio biológico.

La disección de la porción de interés de la larva, denominada por Clery (19) como ventrículo, fue un proceso meticuloso pero necesario para obtener el indicio biológico humano. Esta porción se define como un órgano almacenador de alimento, el cual se trata de un divertículo procedente del esófago que no secreta enzimas y funciona exclusivamente como sitio de almacenaje (19). El ensayo exclusivo con el ventrículo de la larva fue el método más eficaz, ya que la maceración del cuerpo completo no rindió los mismos resultados en un estudio piloto realizado previamente.

El uso de etanol al 80% como agente conservador no afectó la estabilidad del PSA durante el almacenamiento previo a la disección. Se ha demostrado que esta concentración preserva adecuadamente tanto larvas como pupas para su estudio entomológico (20). No obstante, se desaconseja la inmersión de las larvas en agua hirviendo, como lo propusieron Lopez-García *et al.* (20), dado que los marcadores de líquido seminal son proteínas susceptibles a la desnaturalización y degradación, lo que podría comprometer la evidencia.

Se ha reportado (9), que las larvas del género *Lucilia* muestran preferencia por el semen en comparación con otros fluidos encontrados en la escena del crimen, como sangre o saliva. Este fenómeno se debe, de acuerdo con los autores (9), a la composición del líquido seminal, que contiene compuestos como glucosa, fucosa, fructosa, sorbitol, inositol, colesterol y diversos aminoácidos libres, los cuales resultan particularmente atractivos para las larvas. Este antecedente respalda los hallazgos de la presente investigación y sugiere la posibilidad de analizar otros marcadores relacionados con la presencia de semen.

Entre los factores que influyen en la transferencia de indicios biológicos se encuentran el tipo y duración del contacto, la presencia de fluidos o tejidos interferentes (como ADN de fondo), las condiciones ambientales, y el tiempo transcurrido entre el contacto primario y el secundario, así como entre el contacto secundario y la recolección del indicio biológico (5). En este estudio, el contacto indirecto mediante larvas tuvo una duración de hasta nueve días, con presencia de sangre humana como fluido interferente para todos los tratamientos y condiciones ambientales de 18°C a 24°C, así como 22% a 55 % de humedad relativa. Para el modelo cuyo tratamiento fue semen con acceso a fauna entomológica, se presume que la presencia de PSA en el bolo alimenticio de la larva probablemente está explicada por el hecho de que el semen presenta menor adhesión a superficies y por ende una mayor probabilidad de transferencia (7). En este contexto, se ha señalado que los constituyentes de la sangre como la albúmina y el fibrinógeno promueven la adsorción de este tejido a superficies y en consecuencia se especula que tenga una menor probabilidad de transferencia con respecto a otros fluidos biológicos (7), cuestión no abordada en este trabajo, aunque con posibilidad de estudiarse bajo un nuevo panorama en futuras investigaciones. Eventualmente, un modelo de entomología forense de este tipo podría contribuir a la identificación de los participantes en un evento criminal, incluyendo perpetradores, víctimas y sospechosos, como lo han señalado Byrd y Sutton (21).

Consideraciones Finales

Este estudio proporciona herramientas útiles para la investigación forense en casos de transferencia indirecta de indicios biológicos y ofrece un modelo de entomología forense con potencial para evaluar la persistencia y estabilidad del material genético del semen.

Agradecimientos

Se agradece a la perita en Biología Forense Giuliana Murcia Flores el apoyo técnico en entomología para la identificación de las especies de trabajo y para la diferenciación de los estadios larvarios.

Conflicto de Interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés alguno relacionado con este trabajo.

Referencias

1. Houck MM, Siegel JA. The nature of evidence. En: Fundamentals of Forensic Science. Elsevier; 2010. p. 49–73.
2. La medición del feminicidio en México. Documentos de análisis y estadísticas [Internet]. Inegi.org.mx. [citado el 2 de abril de 2025]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463916284.pdf
3. Protocolo de investigación ministerial, policial y pericial para el delito de feminicidio [Internet]. Procuraduría General de la República [citado el 2 de abril de 2025]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/253267/Protocolo_Feminicidio.pdf
4. Sakurada, K., Watanabe, K., & Akutsu, T. Current methods for body fluid identification related to sexual crime: Focusing on saliva, semen, and vaginal fluid. Diagnostics (Basel, Switzerland). 2020; 10(9), 693. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10090693>
5. Sessa F, Pomara C, Esposito M, Grassi P, Cocimano G, Salerno M. Indirect DNA transfer and forensic implications: A literature review. Genes (Basel). 2023; 14(12):2153. <http://dx.doi.org/10.3390/genes14122153>
6. Ballou S, Stolorow M, Taylor M, Bamberger PS, Brown L, Brown R, et al. The biological evidence preservation handbook : best practices for evidence handlers ; technical working group on biological evidence preservation. Gaithersburg (MD): National Institute of Standards and Technology; 2013.
7. Hughes DA, Szkuta B, van Oorschot RAH, Conlan XA. How the physicochemical substrate properties can influence the deposition of blood and seminal deposits. Forensic Sci. Int. 2024; 354:111914. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111914>

8. Unuma K, Sato H, Wen S, Makino Y, Hirakawa A, Uemura K. The proportion of false-positives in positive Seratec® prostate-specific antigen SemiQuant test results in *postmortem* screening for seminal fluid. Leg. Med. (Tokyo). 2023; 62(102243):102243. <http://dx.doi.org/10.1016/j.legalmed.2023.102243>
9. Durdle A, Mitchell RJ, van Oorschot RAH. The food preferences of the blow fly *Lucilia cuprina* offered human blood, semen and saliva, and various nonhuman foods sources. J Forensic Sci. 2016; 61(1):99–103. <http://dx.doi.org/10.1111/1556-4029.12912>
10. iNaturalistMX. Clave taxonómica para *Lucilia mexicana* [Internet], [citado el 2 de abril de 2025]. Disponible en: <https://mexico.inaturalist.org/taxa/550806-Lucilia-mexicana>
11. Jaume-Schinkel S, Ibáñez-Bernal S. Catalog of the family Calliphoridae (Diptera: Oestroidea) of Mexico. Acta zoológica Mexicana. 2020; 36(1):1–25. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612237>
12. Merritt RW, Higgins MJ, Wallace JR. Entomology. Siegel JA, Saukko PJ, eds. Encyclopedia of forensic sciences. 1st ed. London: Academic Press; 2000. p. 699–705.
13. Amendt J, Campobasso CP, Gaudry E, Reiter C, LeBlanc HN, Hall MJR, Eur. Assoc. Forensic Entomol. Best practice in forensic entomology--standards and guidelines. Int. J. Leg. Med. 2007; 121(2):90–104. <https://doi.org/10.1007/s00414-006-0086-x>
14. Vergara-Pineda S, de León-Múzquiz H, García-Martínez O, Cantú-Sifuentes M, Landeros-Flores J, Tomberlin JK. Dispersión espacial de larvas de *Lucilia sericata* y *Calliphora coloradensis* (Diptera: Calliphoridae) en etapa de postalimentación. Rev. Colomb. Entomol. 2012; 38(1):97–99. <https://doi.org/10.25100/socolen.v38i1.8929>
15. Matuszewski S, Hall MJR, Moreau G, Schoenly KG, Tarone AM, Villet MH. Pigs vs people: the use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research. Int. J. Legal Med. 2020; 134(2):793–810. <http://dx.doi.org/10.1007/s00414-019-02074-5>
16. Berezowski V, Moffat I, Seckiner D, Crebert I, Ellis J, Mallett X. The suitability of using domestic pigs (*Sus* spp.) as human proxies in the geophysical detection of clandestine graves. J. Forensic Sci. 2024; 69(1):316–28. <http://dx.doi.org/10.1111/1556-4029.15419>
17. Matuszewski S, Mađra-Bielewicz A. Field validation of *post-mortem* interval estimation based on insect development. Part 1: Accuracy gains from the laboratory rearing of insect evidence. Forensic Sci. Int. 2024; 354:111902. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111902>
18. Powers J, van Oorschot RAH, Durdle A. Investigation into the presence of human DNA in the various life stages of forensically relevant Calliphorid species. Aust. J. Forensic Sci. 2019; 51(sup1):S234–7. <http://dx.doi.org/10.1080/00450618.2019.1569143>
19. Clery, J. M. Stability of prostate specific antigen (PSA), and subsequent Y-STR typing, of *Lucilia* (*Phaenicia*) *sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) maggots reared from a simulated postmortem sexual assault. Forensic Sci. Int. 2001. 120(1–2), 72–76. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(01\)00429-7](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(01)00429-7)
20. López-García J, Piña MA, Clark B, Hall MJR, Martín-Vega D. Methods for the optimal preservation of blow fly intra-puparial forms for morphological analysis in forensic casework. Int. J. Legal Med. 2024; 138(4):1769–79. <http://dx.doi.org/10.1007/s00414-024-03172-9>
21. Byrd J, Sutton L. Forensic entomology for the investigator. WIREs Forensic Sci. 2020; 2(4):e1370. <http://dx.doi.org/10.1002/wfs2.1370>