

Revisión de la Entomotoxicología Forense basada en evidencia científica, su impacto en el intervalo postmortem y perspectivas futuras en Panamá

Autores:

Camaño, Eduardo
Universidad UMECIT, Panamá
Licenciatura en Criminalística y Ciencias Forenses
ecamano235@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3166-3600>

Escobar, Ruth
Universidad UMECIT, Panamá
Licenciatura en Criminalística y Ciencias Forenses
ruthjohannys01@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-0346-8077>

Sosa, Alexandra
Universidad UMECIT, Panamá
Licenciatura en Criminalística y Ciencias Forenses
alexassosa0116@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5067-153X>

Docente Asesor:

Brenes, Alexie
Universidad UMECIT, Panamá
Semillero de Investigación
alexiamanuel@umecit.edu.pa
<https://orcid.org/0009-0007-7656-4274>

Sede: Panamá

DOI: 10.37594/sc.v1i7.1774

Resumen

Este trabajo fue realizado con el fin de hacer una revisión documental de la importancia de la entomotoxicología en casos de muertes, en los cuales se sospecha que hubo una sustancia tóxica involucrada, y cómo esta disciplina nos permite determinar un estimado de intervalo postmortem mediante las larvas de insectos necrófagos. Se utilizaron múltiples documentos científicos para añadir veracidad a nuestra revisión bibliográfica, de los cuales los resultados fueron satisfactorios, pues concluían que la entomofauna, involucrada en una escena donde sea una muerte sospechosa, es útil para determinar las sustancias tóxicas involucradas para así armar una teoría de caso.

Palabras clave: Entomofauna, Intervalo Postmortem, Tóxicos.

Review of Forensic Entomotoxicology based on scientific evidence, its impact on the postmortem interval and future perspectives in Panama

Abstract

This work was carried out to make a documentary review of the importance of entomotoxicology in cases of deaths in which it is suspected that a toxic substance was involved, and how this discipline allows us to determine an estimate of the postmortem interval using the larvae of necrophagous insects. Multiple scientific documents were used to add veracity to our bibliographic review, of which the results were satisfactory, as they concluded that the entomofauna involved in a scene where there is a suspicious death, is useful to determine the toxic substances involved to put together a case theory.

Keywords: Entomofauna, postmortem interval, toxics.

1. INTRODUCCIÓN

Justificación

La entomofauna se refiere al conjunto de insectos presentes en un ecosistema, y su estudio es esencial en campos como la entomología y la entomotoxicología forense. En Panamá, la diversidad de entomofauna es alta debido a su ubicación geográfica y variedad de ecosistemas, lo que da lugar a la presencia de especies tropicales, que juegan un papel relevante en la descomposición de cadáveres y en investigaciones criminales.

En el contexto de la entomotoxicología, la identificación y el análisis de la entomofauna en cadáveres expuestos a sustancias tóxicas son fundamentales. Estos estudios permiten no solo identificar toxinas que pudieron haber causado la muerte, sino también comprender cómo estas sustancias afectan la morfología y el desarrollo de los insectos necrófagos. Dependiendo de la concentración y tipo de toxinas en el organismo del fallecido, los efectos pueden incluir alteraciones en el tamaño y ciclo de vida de los insectos, variaciones que se observan en las muestras recolectadas en diferentes partes del cadáver. (Introna, F., & Campobasso, C. P. 2002).

Además, el estudio de la entomofauna expuesta a toxinas ayuda a ajustar la estimación del intervalo post-mortem (IPM), ya que ciertos fármacos o venenos pueden acelerar o retrasar el desarrollo de los insectos. En Panamá, el clima tropical influye en estos procesos, afectando la velocidad de descomposición y, con ella, la actividad de la entomofauna en el cadáver. Así, la entomofauna en escenarios de criminalística no solo proporciona información sobre el IPM, sino también sobre posibles alteraciones causadas por el uso de sustancias tóxicas y el entorno climático, permitiendo construir una interpretación forense integral.

Este enfoque es particularmente relevante en el contexto legal y ambiental, donde la entomotoxicología permite obtener pruebas sólidas en investigaciones criminales relacionadas con el uso de sustancias tóxicas.

Descripción de la temática o problema de investigación

La entomotoxicología es una disciplina proveniente de la entomología aplicada, combinando el estudio a los insectos que se encuentran en una escena y la toxicología, para determinar la presencia de sustancias tóxicas, medicamentos o drogas en los cadáveres (Hidalgo, 2021).

Al estudiar los insectos y su desarrollo en los cadáveres se puede realizar una estimación del tiempo transcurrido desde la muerte, es decir, el intervalo post-mortem. Además, ayuda entender las condiciones ambientales y circunstancias de la muerte. Además, se pueden determinar tóxicos y analizarlos para determinar si estas se encuentran relacionadas a la causa de muerte. (Espinoza, et al., 2020).

Ahora bien, ¿cómo llegan estos insectos al cadáver?

La respuesta es simple. Los insectos necrófagos, especialmente las moscas, son atraídos por los compuestos volátiles que emite un cadáver durante las primeras etapas de descomposición. Estos compuestos, conocidos como cadaverinas y putrescinas, son productos de la descomposición de proteínas y grasas en los tejidos corporales, y son altamente atractivos para ciertos tipos de insectos. Una vez que las moscas encuentran el cadáver ubican áreas húmedas y protegidas, como orificios naturales (boca, nariz, ojos, genitales, ano) o heridas abiertas en el cuerpo y así, depositan grandes cantidades de huevos que eclosionan rápidamente en larvas.

Estas larvas comienzan a alimentarse del tejido en descomposición, acelerando el proceso de descomposición del cadáver. Estas larvas pasan por varios estadios de desarrollo, durante los cuales consumen grandes cantidades de tejido (Magaña, 2001).

La llegada de los insectos necrófagos se puede ser afectadas por factores tales como: la temperatura, el clima, la exposición del cadáver; es decir, si esta al aire libre o si se encuentra en un espacio cerrado; el estado del cuerpo y el momento de la muerte. (Collantes, 2022).

Los insectos llegan más rápido en climas cálidos y húmedos, ya que las altas temperaturas aceleran la descomposición y aumentan la actividad de los insectos. En climas fríos, el proceso es más lento.

Los cuerpos con heridas abiertas o áreas expuestas atraerán más rápidamente a los insectos en comparación con un cuerpo intacto o con ropa que cubra las áreas principales. Los insectos tienden a colonizar el cadáver poco después de la muerte, por lo que el tiempo de llegada de los primeros insectos puede ser una clave crucial para determinar el intervalo post-mortem (IPM) (Magaña, 2001).

Por lo anterior, podemos determinar que la naturaleza de esta disciplina es empírica y aplicada, pues requiere la recolección de datos a partir de la observación de los insectos y su entorno, así como la posterior aplicación de técnicas analíticas químicas-toxicológicas para identificar toxinas. Por otro lado, el alcance de la entomotoxicología se enfoca en el intervalo post-mortem avanzado, cuando los tejidos humanos están muy degradados y no son aptos para un análisis químico tradicional. También, el análisis que realiza sobre insectos necrófagos que sirven como “reservorios” de las sustancias tóxicas que la persona pudo haber consumido o a las que estuvo expuesta antes de morir. Es importante mencionar que los tipos de insectos que colonizan un cadáver puede variar según el clima y el ambiente local, lo cual afecta el análisis y los resultados (Sousa & Borges, 2013).

El objetivo de esta disciplina es contribuir a la resolución de casos criminales, como homicidios o muertes accidentales, determinando si una sustancia tóxica desempeñó un papel en la muerte de la víctima. Cabe señalar que esta disciplina presenta una limitante el cual es, la cantidad de sustancia detectada o la degradación de las drogas o toxinas dentro de los insectos (Hidalgo, 2021).

Antecedentes investigativos

Uno de los primeros trabajos que habla sobre la identificación de una droga, presente en un cadáver mediante el análisis de los gusanos que se alimentan de él, fue descrita por primera vez por Beyer y sus colegas en 1980, en la Revista de Ciencias Forenses, con el artículo titulado “*La identificación de una droga presente en un cadáver mediante el análisis de los gusanos*”, que comentaba que la droga sólo podía proceder de los tejidos de los que se alimentaban las larvas, y ésta es una premisa fundamental en la que se basa este enfoque (Marín R. 2016).

El estímulo para la innovación ha sido la ausencia, en los cuerpos en descomposición, de sangre y la escasez de tejidos sólidos adecuados para el análisis toxicológico. En estos casos, los gusanos (larvas de mosca) suelen estar presentes en abundancia y su muestreo es un procedimiento sencillo y directo.

La entomotoxicología es una disciplina relativamente nueva. Emergió en el contexto de la entomología forense, que utiliza insectos en la investigación de crímenes. Normalmente, los

insectos, específicamente las moscas, se utilizan comúnmente para estimar el tiempo de muerte en la escena del crimen. A medida que se comprendió mejor el papel de las toxinas en la descomposición, pues influye tanto la actividad microbiana como la fauna asociada al proceso de putrefacción y en la atracción de insectos, se empezó a investigar cómo estas toxinas afectan la fauna insectil. Aunque no se realizaba entomotoxicología como se conoce hoy, en la antigüedad los insectos eran estudiados en relación con la descomposición de cadáveres. Aristóteles y otros filósofos griegos mencionaron insectos que aparecían en cuerpos muertos, lo que sentó las bases del interés por la relación entre descomposición y la fauna asociada (Amendt, J., Campobasso, C. P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H. N., & Hall, M. J. 2007).

El estudio formal de la entomología forense comenzó con el médico francés Bergeret d'Arbois, quien en 1855 utilizó insectos para estimar el tiempo transcurrido desde la muerte de una persona, lo que abrió las puertas al uso de la entomología en investigaciones criminales. No obstante, la relación entre la presencia de toxinas y los insectos no se exploró a fondo en esta época (Benecke, M. 2001).

A mediados del siglo XX, los científicos comenzaron a notar que los insectos necrófagos podían almacenar y reflejar la presencia de toxinas en los cadáveres de los que se alimentaban. En estudios sobre plaguicidas, se observó que estos podían acumularse en los insectos, sugiriendo que también podía suceder con drogas y venenos (Benecke, M. 2001).

A finales del siglo XX, el interés en la entomotoxicología como campo independiente comenzó a crecer, principalmente a partir de casos forenses donde la presencia de drogas o venenos en cadáveres descompuestos complicaba su detección directa. La capacidad de analizar el contenido tóxico en insectos abrió nuevas posibilidades para la investigación criminal. Durante estas décadas, se realizaron experimentos controlados con el fin de comprender cómo los insectos metabolizan y acumulan diferentes sustancias (Benecke, M. 2001).

Hoy en día, la entomotoxicología es un campo establecido dentro de la entomología forense, utilizado en investigaciones judiciales para determinar la presencia de sustancias tóxicas en casos donde el estado de descomposición del cuerpo impide otros métodos. Se siguen desarrollando técnicas más avanzadas para identificar y cuantificar estas sustancias en los insectos, con una creciente importancia en la toxicología forense y la criminología (Introna, F., & Campobasso, C. P. 2002).

Formulación de la interrogante

¿Cómo contribuye la entomotoxicología forense a la determinación del Intervalo Post-Mortem y la identificación de sustancias tóxicas de cadáveres en avanzado estado de descomposición en la República de Panamá?

Objetivo(s) o propósito

Objetivo General

Analizar la aplicabilidad de la entomotoxicología forense en la determinación del intervalo post-mortem y la identificación de sustancias tóxicas en cadáveres, considerando las particularidades de la entomofauna local y los factores ambientales.

Breve desarrollo teórico y conceptual

La entomología forense es una rama de la entomología que utiliza insectos en investigaciones criminales. Su objetivo principal es ayudar a determinar el tiempo de muerte y proporcionar información sobre las circunstancias que rodean un fallecimiento a través del estudio de la fauna insecto que coloniza un cadáver. Al ser los primeros en colonizar un cuerpo en descomposición permiten la identificación del intervalo post-mortem y proporciona una estimación más precisa del tiempo de muerte en comparación con otros métodos, especialmente en escenarios donde la descomposición es acelerada o retardada. La entomología forense también toma en cuenta las condiciones ambientales en el lugar del hallazgo del cadáver, ya que estos factores afectan el crecimiento y desarrollo de los insectos (Bustos, 2022).

Una de las especies más comunes en colonizar un cuerpo en descomposición es la mosca *Lucilia sericata*. Sus larvas se desarrollan rápidamente, y su crecimiento es influenciado por factores ambientales como temperatura y humedad (Pinilla, et. al., 2010). Al estar involucrados los insectos y los cadáveres combina conocimientos de biología, criminalística y toxicología, haciendo de la entomología forense una herramienta invaluable para los investigadores pues la información obtenida a través de los análisis a los insectos, puede ser presentada como evidencia en tribunales, ayudando a esclarecer casos de homicidio, suicidio o muertes accidentales (Espinoza, et, al., 2020).

La entomofauna se refiere al conjunto de especies de insectos que habitan en un área geográfica o un ecosistema específico. Este término combina “entomo”, que proviene del griego y significa “insecto”, con “fauna”, que se refiere a los animales de una región. La entomofauna incluye todos los tipos de insectos, desde hormigas y abejas hasta mariposas y escarabajos, y es una parte esencial de la biodiversidad de un lugar (Bobadilla, 2020).

La entomofauna desempeña un papel crucial en los ecosistemas, ya que gracias a esto tenemos estos aspectos:

1. **Polinización:** Muchos insectos, como abejas, mariposas y escarabajos, son polinizadores esenciales para numerosas plantas. La polinización es un proceso vital para la reproducción de muchas plantas y, por ende, para la producción de alimentos en los ecosistemas y la agricultura.
2. **Descomposición:** Insectos como los escarabajos peloteros y las larvas de moscas ayudan en la descomposición de materia orgánica, incluyendo cadáveres y excrementos. Este proceso es fundamental para el reciclaje de nutrientes en el suelo.
3. **Control biológico:** Algunos insectos, como las mariquitas y las avispas parasitoides, controlan las poblaciones de plagas al alimentarse de ellas o parasitarlas. Este tipo de control biológico es una alternativa natural y ecológica a los pesticidas químicos.
4. **Alimento para otros animales:** Los insectos son una fuente importante de alimento para muchas especies de aves, anfibios, reptiles y mamíferos. Son una parte crucial de la cadena alimentaria.
5. **Indicadores ambientales:** La presencia, ausencia o abundancia de ciertas especies de insectos puede servir como indicadores de la salud ambiental. Por ejemplo, la disminución de las poblaciones de abejas y otros polinizadores puede ser un signo de problemas ambientales, como el uso de pesticidas o la pérdida de hábitat (Bobadilla, 2020).

La diversidad de la entomofauna varía según el tipo de hábitat y las condiciones ambientales. En lugares como las selvas tropicales, la diversidad de insectos es extremadamente alta, mientras que en ecosistemas más áridos o fríos puede ser menor. La entomofauna no solo es importante desde una perspectiva ecológica, sino también económica, ya que muchos insectos tienen roles clave en la agricultura y otros sectores (Senacyt, 2017).

La variación de la entomofauna se refiere a los cambios y diferencias en la diversidad y composición de insectos en un determinado área o ecosistema. Estas variaciones pueden ser influenciadas por factores como el clima, el hábitat, la disponibilidad de recursos, las interacciones con otras especies, y las actividades humanas (Gullan & Cranston, 2010).

Por ejemplo:

1. **Climáticas:** Cambios en temperatura y humedad pueden afectar la distribución y abundancia de diferentes especies de insectos.
2. **Ecológicas:** Modificaciones en el hábitat, como la deforestación o la urbanización, pueden alterar las comunidades de insectos.

3. **Estacionales:** Las variaciones estacionales afectan los patrones de actividad y reproducción de los insectos.
4. **Geográficas:** Diferentes regiones pueden albergar diferentes comunidades de insectos debido a variaciones en el ambiente y recursos disponibles.
5. **Biológicas:** Interacciones como la depredación, competencia y parasitismo influyen en la composición de la entomofauna.

Además de las definiciones mencionadas anteriormente, es importante definir algunos conceptos que se estarán mencionando a lo largo de esta revisión bibliográfica, como lo son:

- ❖ **Insectos como indicadores forenses:** Se investigan especies de insectos que colonizan un cuerpo y cómo su desarrollo puede estar influenciado por sustancias tóxicas, como drogas o venenos.
- ❖ **Interacción entre insectos y toxinas:** Se estudia cómo diferentes insectos metabolizan o son afectados por diversas toxinas, lo que puede proporcionar pistas sobre el tiempo de muerte o las circunstancias que rodearon el deceso.
- ❖ **Metodologías analíticas:** Se desarrollan técnicas para identificar y cuantificar toxinas en insectos, lo que puede ayudar a reconstruir la escena del crimen.
- ❖ **Estudios de campo y laboratorio:** Se llevan a cabo investigaciones tanto en entornos naturales como en condiciones controladas para observar el comportamiento de los insectos en relación con diferentes sustancias.
- ❖ **Implicaciones legales:** La entomotoxicología puede ser un componente crucial en casos legales, aportando evidencia que puede influir en juicios y condenas.
- ❖ **Investigaciones multidisciplinarias:** Este campo se beneficia de la colaboración entre entomólogos, toxicólogos, forenses y otros especialistas.

Cabe señalar que la entomotoxicología utiliza la entomofauna para obtener información forense. Al estudiar los insectos presentes en un cadáver, los forenses pueden obtener pistas sobre las sustancias tóxicas involucradas en la muerte y sobre el tiempo transcurrido desde el deceso. Esto hace que ambas disciplinas sean complementarias y cruciales en investigaciones forenses (Magaña, 2001).

Casos

1. La identificación de una droga presente en un cadáver, a través del análisis de gusanos que se alimentan del cuerpo, fue reportada por primera vez por Beyer y sus colegas en 1980. Se halló un cadáver en avanzado estado de descomposición, en proceso de esqueletización. No había disponibilidad de muestras de orina, sangre o tejidos que fueran viables para

realizar un análisis toxicológico. Sin embargo, en el sitio se hallaban aún especímenes de *Cochliomyia macellaria*, una variedad de mosca necrófaga. Los análisis fueron positivos para fenobarbital, lo cual sirvió como apoyo para la hipótesis de un suicidio, al relacionar este hecho con otras evidencias (Marín, R. 2016).

2. En Brasil 2015, se evaluó la implementación de una metodología para la detección simultánea de xenobióticos en tejidos de insectos necrófagos, alimentados con carne de cerdo con una cantidad conocida de cada sustancia. En dicho estudio se analizaron seis drogas de prescripción (amitriptilina, carbamazepina, bromazepam, clonazepam, diazepam, flunitrazepam), además de cocaína y benzoilecgonina, y Aldicarb (un insecticida) junto con sus metabolitos, utilizando cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas.
3. Una vez desarrollado el método, fue utilizado en larvas recolectadas de cadáveres en el Instituto Médico Legal de Brasil, con lo que fue posible detectar cocaína y benzoilecgonina, carbamazepina, diazepam y amitriptilina en algunas de las muestras (Marín, R. 2016).
4. En Bélgica 2010, el objetivo fue desarrollar y validar un método de detección y cuantificación de metadona y su metabolito principal, en las diferentes etapas de desarrollo de la *Lucilia sericata*. Se utilizó extracción líquido-líquido, y para la determinación se usó cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas. El límite de cuantificación de la droga se fijó en 10 pg/mg en la larva. Posteriormente, el método se aplicó en especímenes en su tercera etapa larvaria, obtenidos de un medio artificial compuesto por corazón de res adicionado con 4 µg/g de metadona, así mismo, se analizaron larvas provenientes de un cadáver de un caso de sobredosis, con resultados positivo en la detección del xenobiótico (Gosselin, 2010).
5. Karampela y cols, en 2015 abordan el desarrollo un método de cromatografía líquida, para la determinación de (THC) y (THCA), los cuales son compuestos del cannabis, en un tipo de dípteros califóridos (*Lucilia sericata*), partiendo de la hipótesis de que el THC y el THCA, son bioacumulados en el cuerpo del insecto al alimentarse del cadáver. Además, describieron el efecto de distintas técnicas de extracción. En este estudio se utilizó un cromatógrafo de líquidos acoplado a un espectrómetro de masas con ionización por electro spray, y la técnica de extracción fue líquido en condiciones ácidas.
6. Se halló el cuerpo de una mujer ahorcada, en las primeras etapas de descomposición. En el cuerpo se hallaron larvas de *Lucilia sericata* en segunda fase, las cuales fueron analizadas con cromatografía de líquidos, dando un resultado positivo para THC, en una concentración de 43 pg/mg. A la vez, se analizó una muestra de orina de la occisa, la cual dio positivo a cannabinoides; además de una muestra de hígado, de la cual se obtuvieron resultados positivos para THC y THCA. (Marín R. 2016).
7. Cristine Keyser, Kintz Pascal y Bertrand Ludes, en septiembre de 2004, presentaron una serie de 29 Necropsias en las que se detectaron compuestos orgánicos (incluyendo benzodiazepinas,

barbitúricos, antidepresivos, fenotiazina, opiáceos, cannabinoides, meprobamato, digoxina y nefropam) en larvas de artrópodos muestreados en cadáveres humanos, donde se concluyó que el análisis de larvas casi no tuvo interés para el análisis forense práctico, al no observarse correlación entre las concentraciones de fármacos en las larvas y las muestras humanas.

8. Un estudio realizado por María José Hidalgo Pozo, en el año 2021, en Quito Ecuador, describió su utilidad en un escenario de filicidio materno por fuego. Se trató de un reporte de caso acerca de una mujer de 40 años y sus hijos que fueron encontrados completamente quemados dentro de un automóvil, donde se halló Diazepam y sus metabolitos en los cadáveres de los niños mediante el análisis toxicológico de las larvas que se alimentaban de sus cuerpos. Las cámaras de video vigilancia domiciliarias confirmaron la sedación pre-mortem grabando a la madre mientras administraba unas gotas de sedantes en un refresco a los niños solo un par de horas antes de prender fuego al automóvil.
9. Este estudio tuvo un enfoque especial en la entomotoxicología y el papel potencial de los insectos en las investigaciones de muerte de cuerpos quemados, supuestamente un sustrato inadecuado para la colonización de insectos, demostrando que, incluso en ellos, la colonización de artrópodos puede ser bastante inmediata tras la extinción del fuego.
10. Aplicación de la Entomología Forense en China. Un caso reportado por Wang el cual involucra un cuerpo femenino descubierto en su habitación después de que se suicidara consumiendo Clozapina y alcohol en exceso. El IPM-mínimo estimado a través de datos entomológicos no coincidió con el momento de la muerte que indicaban las demás evidencias, esto pudo ser debido a la influencia de la Clozapina y el alcohol sobre el desarrollo de las larvas de mosca. (Wang, Man & Chu, Jun & Wang, Yu & Li, Fagui & Liao, Mingqing & Shi, He & Zhang, Yingna & Hu, Guoliang & Wang, Jiangfeng. 2019).
11. Un estudio realizado por Salimi et al. En la Revista Iraní de enfermedades transmitidas por artrópodos, octubre 2018. En el cual analizaron la concentración de morfina en los insectos que colonizaron cadáveres de conejos, en el cual encontraron que la concentración de morfina en los insectos, no siempre fue directamente proporcional a la del cadáver, pero este estudio permitió su identificación de forma precisa, por lo tanto, se pudo incluir la presencia de esta sustancia entre las posibles causas de muerte a descartar.
12. Boulkenfenet, et, al, (2020), analizaron la intoxicación por benzodiazepinas en cadáveres experimentales. Concluyeron que las drogas tuvieron un impacto en los ciclos de vida de los insectos y en la estimación del IPM. Otro de los hallazgos fue que la presencia de benzodiazepinas en los tejidos del cadáver, afectó al ciclo de desarrollo larvario de tres moscas necrófagas de *Chysomya abiceps*, se desarrollaron con mayor rapidez, mientras que el desarrollo de larvas de *L. Sericata* y *L. Silvarum* se ralentizó.
13. Jales et, al. (2020), analizaron la presencia de organofosforados en restos cadavéricos,

observando que, a mayor dosis, se produjo la descomposición cadavérica con mayor rapidez en las primeras 24 horas, se redujo el número de insectos que aparecieron en el cadáver, hubo cambios en el patrón de sucesión, y demoró la llegada de especies importantes para la determinación del IPM. Además, se vio un incremento en la mortalidad de las especies.

14. Detección de malatión en larvas de dípteros de importancia forense en el noreste de México

En México, se reportan alrededor de 1,400 fallecimientos anuales a causa de intoxicaciones por xenobióticos, incluyendo plaguicidas. Ese estudio se centra en la optimización de un método para detectar y cuantificar malatión en larvas de mosca (Diptera) alimentadas con carne de cerdo tratada con una dosis letal de malatión (60 g/60 kg).

Se utilizaron 1.5 g de larvas, que fueron maceradas y extraídas con metanol-agua (70/30), y posteriormente fueron analizadas mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC).

El malatión se detectó con un límite de detección de 0.301 partes por millón y un tiempo de retención de 4.1 minutos. Esto significa que el método utilizado para detectar malatión puede identificar la presencia de este insecticida en concentraciones tan bajas como 0.301 ppm. En otras palabras, si hay al menos esa cantidad de malatión en la muestra, el método podrá detectarlo. Además, el tiempo de retención se refiere al tiempo que tarda una sustancia en atravesar la columna cromatográfica y llegar al detector.

Esta investigación destacó la importancia de la entomología forense, especialmente la entomotoxicología, en la identificación de sustancias tóxicas en cadáveres en descomposición. Se concluye que el HPLC es eficaz para detectar residuos de malatión, lo que puede ser crucial en casos judiciales relacionados con intoxicaciones por plaguicidas organofosforados. (Ramos, et al. 2020).

15. Primer vistazo a la entomotoxicología utilizando *Peckia intermutans* (Diptera: Sarcophagidae) en Ecuador y su potencial como marcador para la determinación de metanol en muestras biológicas

En Ecuador, la investigación en entomología forense es escasa, centrándose principalmente en la fauna local. Este estudio tiene como objetivo evaluar el potencial de *Peckia intermutans* en la detección de metanol a través de cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) y analizar los efectos de la exposición al metanol en el tiempo de desarrollo, supervivencia y

características físicas de la especie.

Se recolectaron moscas adultas en Tena, Ecuador, usando trampas con vísceras de res, siguiendo las normativas del MAATE. Se identificó *P. intermutans* y se mantuvieron en condiciones controladas para evitar endogamia, estableciendo colonias en incubadoras para obtener la primera generación (F1). Las moscas se alimentaron con agua y azúcar, y se utilizó hígado de res para la oviposición. Este proceso se repitió para las generaciones F2 y F3, manteniendo condiciones ambientales de 27 ± 2 °C y $73\pm 6\%$ de humedad relativa.

Se prepararon cuatro muestras experimentales de hígado de res con metanol en concentraciones de 300 (M1), 500 (M2) y 1000 mg/kg (M3), además de un control sin metanol (M0). Las larvas del estadio F3 fueron introducidas en cada muestra y se recolectaron moscas en diferentes etapas de desarrollo para análisis morfológicos y toxicológicos, registrando longitud y peso.

El metanol se detectó mediante HS-GC-MS, validando los métodos analíticos en cuanto a especificidad, linealidad, límites de detección y recuperación de extracción. Se evaluaron las concentraciones de metanol y sus efectos en longitud y peso a través de ANOVA y pruebas de Tukey, mientras que las tasas de pupación y eclosión se analizaron con ANOVA y la prueba de chi-cuadrado de Pearson, estableciendo un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Los resultados mostraron que el metanol no fue detectable en la etapa post-feeding (PF) para los tratamientos M1 y M2, mientras que en M3 los niveles estaban por debajo del límite de detección (LOD). Se encontraron concentraciones cuantificables de metanol en las moscas en diferentes etapas de desarrollo, con niveles crecientes desde los tratamientos M1 a M3, mientras que el tratamiento M0 presentó metanol en varias etapas.

Las larvas que consumieron hígado contaminado mostraron tiempos de eclosión más cortos en comparación con los controles. Aunque la mortalidad fue consistente en todos los tratamientos, emergieron menos adultos en el tratamiento M0 en comparación con M3, sugiriendo que el metanol influye positivamente en la supervivencia durante la metamorfosis.

Los hallazgos indican que concentraciones más altas de metanol están correlacionadas con mayores tasas de supervivencia y desarrollo, sugiriendo una tolerancia evolucionada en estos insectos necrófagos. Se propone a *P. intermutans* como biomarcador para la detección de metanol, destacando la necesidad de más investigaciones sobre sus efectos y sus implicaciones en las estimaciones del intervalo post-mortem (PMI). Futuros estudios deberían explorar las interacciones

del metanol con otras sustancias y los procesos de detoxificación en estos insectos. (Aballay, et al. 2024).

16. Un estudio de George et al. Publicado en el 2009, en la Revista Forensic Science International, investigó los efectos en las tasas de crecimiento de la mosca azul nativa australiana *Calliphora stygia* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). Para ello, se incorporaron varias concentraciones de morfina, codeína y/o heroína. La presencia continua de morfina en la carne se verificó cualitativamente mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) con detección de quimioluminiscencia de permanganato de potasio ácido. Las tasas de crecimiento de *Calliphora stygia* alimentadas con carne picada con morfina no difirieron significativamente de las alimentadas con carne picada de control para cualquier intervalo de comparación o parámetro medio. Además, se concluyó que el análisis de *Calliphora stygia* fue confiable para determinar con precisión si el cadáver contenía morfina.
17. Un estudio propuso un medio de crecimiento estandarizado para ser empleado en futuros estudios entomotoxicológicos sobre la mosca *Megaselia scalaris* (Castillo-Alanis et al., 2020), (Diptera: Phoridae), importante en casos forenses que involucran descomposición de restos humanos encontrados en interiores y/o en ambientes ocultos, debido a su pequeño tamaño y capacidad para ingresar a ellos antes que otros insectos, y por ello utilizada para estimar el IPM. El medio propuesto fue una composición conocida, libre de xenobióticos, en la que *M. scalaris* mostró tasas de crecimiento y tiempos de desarrollo similares a los obtenidos cuando se cría en tejido; que podrá ser utilizado para probar el efecto de sustancias de interés forense (drogas de prescripción o ilícitas, venenos, etc.) sobre el tiempo de desarrollo larvario, ayudando a ajustar la estimación del IPM en función de la presencia de dichas sustancias.
18. Un estudio realizado por Garcéz, P.; Lasso, E. & Varela, V. en el año 2017, en Panamá denominado “Detección de Levamisol en Larvas De Moscas Necrófagas de Importancia Médico Legal”, se realizó en la Morgue Judicial de Panamá, ubicada en un clima tropical subecuatorial con temperaturas promedio de 27°C. Se investigó la presencia de cocaína y levamisol en larvas necrófagas que se alimentaron de hígados de cadáveres fallecidos por causas traumáticas.

Metodología

- Se utilizaron hígados inoculados con cocaína y levamisol en distintas concentraciones.
- Se expusieron al aire libre para permitir la oviposición de moscas necrófagas.
- Se recolectaron larvas de segundo y tercer instar entre el cuarto y sexto día.
- Se realizó la extracción y análisis de sustancias mediante cromatografía de gases con detector

de masas.

Resultados

- Se logró recuperar los tóxicos de las larvas expuestas por más de cinco días.
- La metodología utilizada fue efectiva y consistente en todas las muestras.
- No hubo afectación en el crecimiento larval, aunque se observó posible alteración en su comportamiento.
- Se confirmó la absorción de cocaína y levamisol en las larvas, sugiriendo que estas pueden actuar como biomarcadores en cadáveres en descomposición.

“Con esta publicación pretendemos dar a conocer el primer hallazgo de esta metodología, para que la misma lleguen a la comunidad científica y los profesionales en toxicología en torno a un método alternativo que se puede emplear cuando se encuentre un cadáver en estado en descomposición, y no se puedan emplear los fluidos convencionales. Este estudio ha sido el primer intento realizado para detectar el levamisol asociado con cocaína en Panamá, con el cual se pudo establecer una metodología y conocer el número mínimo de larvas que se requieren para el análisis, así como también ensayar los procedimientos para limpiar las impurezas y hacer que la cromatografía sea más efectiva. Este estudio demuestra la importancia del trabajo interdisciplinario a través de los toxicólogos en el manejo de las muestras entomológicas para lograr un resultado eficaz en desarrollo de las Ciencias Forenses”. (Garcéz, 2017).

Casos relacionados a delitos ambientales

Cabe señalar que los siguientes estudios realizados en estas zonas revelaron el uso de sustancias ilegales, lo que es una prueba fehaciente de la evidencia que nos brinda el uso de la entomotoxicología.

1. En un caso de Pennsylvania, un agricultor y su empleado fueron acusados de usar carbofurano, un plaguicida altamente tóxico prohibido, para envenenar aves migratorias. Las toxinas en los cadáveres de las aves afectaron a los insectos carroñeros, cuyos análisis revelaron la presencia del plaguicida, ayudando a establecer pruebas clave en la investigación y a confirmar el uso de la sustancia ilegal en el área agrícola afectada. (Pennsylvania, 2024, May 30).
2. En otro caso, se investigó la relación entre el uso de un plaguicida, el endosulfán, y la muerte de varios animales de granja. La investigación reveló que los insectos, como las larvas de las moscas, podían acumular residuos del plaguicida en sus cuerpos, lo que proporcionó pruebas cruciales para demostrar la exposición de los animales a sustancias tóxicas. Esto permitió establecer la responsabilidad legal de los productores que habían utilizado de manera ilícita

en la región la sustancia tóxica. (Tucker, S. 2021).

3. En una investigación de desechos industriales ilegales, Larvas de *Calliphora* vicina recolectadas en cadáveres de mamíferos muertos cerca de vertederos ilegales revelaron altas concentraciones de metales pesados, como cadmio y plomo. (Introna, F., & Campobasso, C. P. 2000).
4. En un caso de envenenamiento por rodenticidas en fauna protegida, la muerte de rapaces y pequeños mamíferos permitió la detección de bromadiolona mediante análisis de larvas alimentadas en estos cadáveres. Esto vinculó las muertes con el uso ilegal de rodenticidas. (Carvalho, L. M. L., Thyssen, P. J., Linhares, A. X., & Palhares, F. A. B. 2000).

2. METODOLOGÍA

Método y/o Procedimiento metodológico

Se utilizó el método investigativo, por lo que esta investigación tiene el diseño No Experimental de Corte Transversal, debido a que la revisión se basó en la recopilación de información proveniente de artículos científicos, libros y estudios de caso obtenidos de bases de datos como Google Scholar, SciELO, PubMed y Redalyc. Abarcan información basada en evidencia científica comprobada acerca de la entomotoxicología forense en diferentes países. Tiene un enfoque cualitativo, debido a que se destacan los distintos métodos y técnicas para la captación de datos a través de diferentes artefactos tecnológicos de laboratorios.

La metodología se dividió en tres etapas que incluye en primer lugar, una revisión bibliográfica, en donde se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura científica relacionada con la entomotoxicología forense, priorizando estudios realizados en climas tropicales y con relevancia para el contexto panameño, Los criterios de inclusión consideraron estudios que analizarán la interacción entre insectos y sustancias tóxicas, así como investigaciones previas sobre el intervalo post-mortem y su afectación por las toxinas presentes en los cadáveres. Además, se tomaron en cuenta 20 estudios pertinentes que cumplen con los criterios para la discusión de perspectivas futuras en Panamá.

En segundo lugar, se analizaron reportes de casos forenses donde se utilizó la entomotoxicología como herramienta clave para la identificación de toxinas y la determinación del intervalo post-mortem. En particular, se destacó el análisis de larvas de moscas necrófagas recolectadas de cadáveres en descomposición, expuestos a diferentes toxinas como opioides, plaguicidas y barbitúricos. Las larvas fueron sometidas a análisis toxicológico para determinar la presencia y concentración de estas sustancias.

En tercer lugar, se evaluaron los desafíos y limitaciones actuales en la aplicación de la entomotoxicología forense en Panamá, teniendo en cuenta las particularidades de la entomofauna local y el clima tropical de nuestro país. Se propone áreas clave de desarrollo, como la necesidad de más estudios específicos sobre especies locales de insectos necrófagos y la creación de una base de datos nacional que permita mejorar la estimación del IPM y la detección de toxinas.

Aspectos éticos

En este trabajo de investigación se citará y respetará el derecho de autor de acuerdo con los establecido por las normas APA, con las referencias bibliográficas correspondientes.

Para este trabajo de investigación no se realizaron encuestas o intervenciones con seres humanos, por lo que no requerimos documentación de confidencialidad de datos que se pudiesen suministrar. La misma es una revisión bibliográfica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a los 20 artículos de estudios entomotoxicológicos tomados como referencia para la elaboración de este trabajo de investigación, se obtuvieron los resultados que vamos a describir a continuación:

1. Identificación de sustancias tóxicas en insectos necrófagos

En el estudio de Marín, R. realizado en el año 2016, donde se detectaron diversas sustancias tóxicas en los insectos necrófagos analizados, tales como cocaína, benzoilecgonina, carbamazepina, diazepam y amitriptilina, se sugiere que los insectos pueden acumular y reflejar la presencia de sustancias tóxicas en los cadáveres de los que se alimentan.

2. Efecto de las sustancias tóxicas identificadas en el desarrollo de los insectos

Algunos estudios han demostrado que la presencia de ciertas sustancias tóxicas puede afectar el desarrollo de los insectos necrófagos, alterando su ciclo de vida y su tamaño. Sin embargo, se requieren más investigaciones para determinar los efectos específicos de diferentes sustancias y su mecanismo de acción. Por ejemplo, según los estudios de Berenbaun en 2010 y Pimentel en 2004, se determinó que los insecticidas afectan de manera significativa la fisiología de los insectos específicamente en las etapas larvales y durante la metamorfosis. Por su parte, Casida en 1999 argumenta que los metales pesados interfieren con las funciones biológicas clave de los insectos.

3. Aplicaciones forenses de la Entomotoxicología

La entomotoxicología puede ser una herramienta útil en la investigación forense para identificar la presencia de sustancias tóxicas en casos donde los métodos tradicionales de análisis (como el

orina, sangre o tejidos) no son aplicables. Se logró analizar especímenes de *Cochliomyia macellaria*, se detectó fenobarbital, lo que apoyando la hipótesis de suicidio. (Beyer et al., 1980)

Además, puede ayudar a determinar si una sustancia tóxica contribuyó a la muerte de una persona y puede proporcionar información sobre la exposición a sustancias tóxicas en el medio ambiente. (Marín, R. 2016).

4. Detección de drogas y medicamentos en insectos necrófagos

Estudios han detectado la presencia de drogas y medicamentos en larvas y otros insectos necrófagos, lo que demuestra su capacidad para acumular y metabolizar estas sustancias. En ese sentido, el estudio de Glosselin et al. en el año 2010, donde se analizaron larvas *Lucilia sericata*, resultó ser altamente efectivo para la detección de metadona en condiciones de descomposición avanzada, donde las muestras de orina y sangre ya no eran viables. Por su parte, el estudio de Karampela et al. en 2015, sugieren que la entomotoxicología es una herramienta válida para el análisis de drogas en cadáveres descompuestos, pues en su estudio determinó THC y THCA.

5. Impacto de los psicotrópicos en el en el desarrollo larval

Se ha estudiado el impacto de las drogas y medicamentos en el ciclo de vida de los insectos, específicamente en el crecimiento y desarrollo de las larvas. Por ejemplo:

La combinación de Clozapina y alcohol altera el desarrollo de las larvas de *Calliphora vicina*, retrasando el su ciclo de vida, por lo que afecta la precisión de la estimación del Intervalo Post Mortem. (Wang et al. 2019).

La presencia de morfina en cadáveres de conejo influyó en el desarrollo de larvas de moscas necrófagas, a pesar de que la concentración de morfina en las larvas no siempre refleja la concentración en el cadáver, su presencia permite la identificación de la sustancia tóxica. (Salimi et al. 2018).

6. Variabilidad en la acumulación de sustancias tóxicas en diferentes especies de insectos

Estudios resaltan la importancia de considerar la variabilidad en la acumulación de sustancias tóxicas en diferentes especies de insectos al realizar análisis forenses. Esta variabilidad puede influir en la interpretación de los resultados y en la precisión de las estimaciones.

Por ejemplo: Boulkenfenet et al., demuestra que las benzodiazepinas tienen efectos diferentes en el desarrollo de diversas especies de moscas necrófagas, acelerando el desarrollo en algunas y

retrasándolo en otras.

George et al. en 2009 observó que la morfina influye significativamente en las tasas de crecimiento de *Calliphora stygia*, lo que hace que esta especie sea útil para determinar la presencia de opiáceos en cadáveres.

7. Casos exitosos de entomotoxicología en la investigación forense

Consideramos que la entomotoxicología demuestra ser una herramienta valiosa en la investigación forense, especialmente en situaciones donde los métodos tradicionales no son aplicables. En ese sentido, el caso de filicidio en Ecuador donde se detectó diazepam en larvas, lo que proporcionó información crucial para la solución de caso (Hidalgo Pozo, 2021).

Por otro lado, trayendo en contexto el estudio de Garcéz, et al. en el año 2017, se detectó cocaína y Levamisol en las larvas, lo que proporcionó información toxicología relevante.

8. Limitaciones y desafíos de la Entomotoxicología forense

Si bien la entomotoxicología ha demostrado ser una herramienta valiosa en los análisis forenses, es importante reconocer que presenta desafíos debido a la correlación no lineal entre las concentraciones de sustancias en insectos y cadáveres. Esto quiere decir que la cantidad de una sustancia encontrada en las larvas no siempre se corresponde directamente con la cantidad presente en el cuerpo en descomposición. El estudio de Tracqui et al. en 2004 ilustra esta limitación ya que esta falta de linealidad puede dificultar la interpretación de los resultados y la extrapolación de la información toxicológica obtenida de las larvas al contexto del cadáver.

4. CONCLUSIONES

Luego de haber hecho la revisión bibliográfica de 20 artículos y ver los resultados que se obtuvieron, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- La utilidad y relevancia que se observa en los diferentes artículos verificados, y poniendo en contexto con nuestro trabajo de investigación *“Revisión de la entomotoxicología forense basada en evidencia científica, su impacto en el IPM y perspectivas futuras en Panamá”*. En nuestra opinión, consideramos que, la entomotoxicología forense se ha consolidado como una herramienta esencial en la investigación forense en nuestro país, demostrando su aplicabilidad tanto en la determinación del IPM, como en la identificación de sustancias tóxicas presentes en cuerpos en avanzado estado de descomposición.
- Profesores de la Universidad de Panamá y personal de laboratorio del Instituto de Medicina

Legal y Ciencias Forenses a través de médicos forenses y toxicólogos, han hecho los primeros estudios para validar y aplicar una metodología que permita detectar cocaína con Levamisol en la entomofauna. Un método alternativo que se pueda utilizar cuando los cadáveres están un gran estado de descomposición y no tenemos los fluidos biológicos, es decir muestras tradicionales.

- La particularidad de la entomofauna de Panamá, así como la influencia de factores ambientales como el clima tropical, juegan un papel importante en la interpretación de los resultados entomotoxicología para poder aplicar correctamente la entomotoxicología forense.
- A pesar de sus avances y potencial, la entomotoxicología forense en Panamá aún enfrenta desafíos importantes, como la estandarización de métodos analíticos y la capacitación de profesionales en esta área. Sin embargo, las perspectivas para el futuro son alentadoras, con un creciente interés en esta disciplina y el desarrollo de nuevas técnicas y herramientas que permitirán mejorar su aplicación en la investigación forense.
- A lo largo de este trabajo de investigación, se han explorado tanto los fundamentos teóricos, como los avances científicos en el estudio de los insectos necrófagos, destacando la relevancia de metodologías analíticas innovadoras y su implementación en investigaciones judiciales. Estas técnicas no solo complementan los métodos tradicionales de toxicología, sino que amplían las posibilidades de que el desarrollo de esta disciplina sea aplicable en el futuro de las ciencias forenses en Panamá.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aballay, F. H., & Fernández Campón, F. (2024). Primer vistazo a la entomotoxicología utilizando *Peckia intermutans* (Diptera: Sarcophagidae) como modelo experimental. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 83(1), 9-18. <https://doi.org/10.25085/rsea.830109>
- Amendt, J., Campobasso, C. P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H. N., & Hall, M. J. (2007). Best practice in forensic entomology—standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine*, 121(2), 90–104. <https://doi.org/10.1007/s00414-006-0086-x>
- Benecke, M. (2001). A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*, 120(1-2), 2-14. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00404-3](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00404-3)
- Berenbaum, M. (2010). Insecticidal effects on larval growth and metamorphosis. *Annual Review of Entomology*, 55(1), 389-405. https://journals.scholarsportal.info/search?q=Insecticidal+effects+on+larval+growth+and+metamorphosis.+&search_in=anywhere&date_from=&date_to=&sort=relevance&op=AND&q=Annual+Review+of+Entomology&sear

ch_in=JOURNAL&sub=

- Beyer JC, Enos WF, Stajic M. Identificación de fármacos mediante análisis de larvas. *J. Forensic Sci.* 1980;25:411–412. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7391801/>
- Bobadilla (2020, 03 de febrero) Ecología de insectos en el Instituto de Entomología de la UMCE. <https://www.umce.cl/index.php/fac-ciencias/inst-entomologia/item/3026-ecologia-insectos-instituto-entomologia-umce>
- Botcherby, L. (2019). The Role of Chromatography in Entomotoxicology. *Revista LCGC International.* <https://www.chromatographyonline.com/view/role-chromatography-entomotoxicology>
- Boulkenafet F, Dob Y, Karroui R, Al-Khalifa M, Boumrah Y, Toumi M, et al. Detection of benzodiazepines in decomposing rabbit tissues and certain necrophagic dipteran species of forensic importance. *Saudi J Biol Sci.* 2020 Jul;27(7):1691. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X20301662>
- Carvalho, L. M. L., Thyssen, P. J., Linhares, A. X., & Palhares, F. A. B. (2000). A forensic entomology case study in Minas Gerais, Brazil: The role of insects as evidence in estimating the post-mortem interval (PMI). *Forensic Science International*, 120(1-2), 89-92. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00421-8](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00421-8)
- Casida, J. E. (1999). Impact of heavy metals on insect physiology: A toxicological perspective. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 160(1), 93-101. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000830332/3/0830332.pdf>
- Castillo-Alanis, L. A., González-Hernández, A. E., Quijano-Mateos, A., Pedraza-Lara, C. S., Villavicencio-Queijeiro, A., & Bravo-Gómez, M. E. (2020). Standardization of a culture medium for *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae) for entomotoxicología studies. *Journal of Medical Entomology*, 57(5), 1421–1431. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32440684/>
- Código Procesal Penal De La República De Panamá. (2018). Ministerio Público Procuraduría General De La Nación. <https://ministeriopublico.gob.pa/wp-content/uploads/2018/08/CODIGO-PROCESAL-PENAL-Comentado-COMPLETO-20-AGO-2018.pdf>
- Collantes, R (2022). Revisión sobre la entomología forense en Panamá. *Cathedra.* <https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/cathedra/article/view/761/2129>
- Espinoza, C., et al., (2020). La entomología forense en Latinoamérica. <https://www.redalyc.org/journal/559/55969798023/html/>
- Garcés, P., Lasso, E. & Varela, V. (Dic, 2017). Detección De Levamisol En Larvas De Moscas Necrófagas De Importancia Médico Legal. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios.* https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/52/44
- George, K. A., Archer, M. S., Green, L. M., Conlan, X. A., & Toop, T. (2009). Effect of morphine on the growth rate of *Calliphora stygia* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae) and

- possible implications for forensic entomology. *Forensic Science International*, 193, 21 - 25. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19773137/>
- Gosselin, M., Wille, S. M. R., Fernandez, M. M. R., Di Fazio, V., Samyn, N., & De Boeck, G. (2010). Development and validation of a method for the detection and quantification of methadone and its main metabolite in different developmental stages of *Lucilia sericata*. *Forensic Science International*, 196(1-3), 92-97. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.12.046>
 - Gratiniano Bustos Vargas (2022) “La entomología aplicada como data de muerte en la investigación criminal” Universidad Libre. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/23091/ENSAYO%20entomologia%20forense.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2010). “The Insects: An Outline of Entomology.” Wiley-Blackwell. Este libro ofrece un análisis exhaustivo sobre la diversidad de insectos y los factores que influyen en sus poblaciones. https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/76777/FBI_GuiaAcademica_2010_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 - Hidalgo M. (2021). Entomotoxicología forense en cadáveres en estado de descomposición. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/356095499_Entomotoxicologia_Forense_En_Cadaveres_En_Estado_De_Descomposicion
 - Introna, F., & Campobasso, C. P. (2000). Entomotoxicology. *Forensic Science International*, 120(1-2), 42-47. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00419-X](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00419-X)
 - Introna, F., & Campobasso, C. P. (2002). Forensic implications of entomotoxicology. *Trends in Analytical Chemistry*, 21(11), 645-650. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)01203-6](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)01203-6)
 - Jales JT, Barbosa T de M, dos Santos LC, Rachetti V de PS, Gama RA. Carrion decomposition and assemblage of necrophagous dipterans associated with Terbufos (Organophosphate) intoxicated rat carcasses. *Acta Trop*. 2020 Dec;212(5):105–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32768396/>
 - Magaña, C. (2001). La Entomología Forense y su aplicación a la medicina legal. Data de la muerte. <http://sea-entomologia.org/aracnet/7/06forense/index.htm>
 - Marín R. (2016). La entomotoxicología y su utilidad en el quehacer forense. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000751886/3/0751886.pdf>
 - Pozo, María. (2021). Entomotoxicología Forense En Cadáveres En Estado De Descomposición. *The Ecuador Journal of Medicine*. 1. 17-32. 10.46721/tejom-vol1issEsp-2021-17-32. <https://revistafecim.org/index.php/tejom/article/view/69>
 - Ramos-Pastrana, Y., & Jaramillo-Ramírez, G. I. (2020). Detección de malatión en larvas de dípteros de importancia forense. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas,*

Físicas y Naturales, 44(170), 75-83. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.928>

- Salimi, Mojtaba y Rassi, Yavar y Chatrabgoun, Omid y Kamali, Artin y Oshaghi, Mohammad y Shiri-Ghaleh, Vida y Moradi, Mehrdad y Rafizadeh, Sayena y Akbarzadeh, Kameran y Parkhideh, Seyedeh Sogolzahra. (2018). Análisis toxicológico de insectos en el cadáver: una valiosa fuente de información en investigaciones forenses. *Revista de enfermedades transmitidas por artrópodos*. 12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30584545/>
- Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2017, junio 9). Investigadores resaltan la importancia de los insectos como indicadores de la biodiversidad y salud de los ecosistemas. <https://www.senacyt.gob.pa/investigadores-resaltan-la-importancia-de-los-insectos-como-indicadores-de-la-biodiversidad-y-salud-de-los-ecosistemas/>
- Sousa, L. & Borges A. (2009). Escorpiones y escorpionismo en Venezuela. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/259452841_Escorpiones_y_escorpionismo_en_Venezuela
- Tatiana Pinilla B., Yisethe Acuña, Diana Cortes B., Andrea Díaz R., Alexandra Segura, Felio J. Bello. (Diciembre, 2010) CARACTERÍSTICAS DEL CICLO BIOLÓGICO DE *Lucilia sericata* (MEIGEN, 1826) (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) SOBRE DIETAS DIFERENTES. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262010000200018
- Tracqui, A & Keyser, Christine & Kintz, Pascal & Ludes, Bertrand. (2004). Entomotoxicology for the forensic toxicologist: Much ado about nothing? *International journal of legal medicine*. 118. 194-6. 10.1007/s00414-004-0442-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15164211/>
- Tucker, S. (2021). Endosulfan: The pesticide's impact on wildlife and its illegal use in agriculture. Environmental Law Institute. <https://www.eli.org/research-report/endosulfan-pesticides-impact-wildlife>
- U.S. Department of Justice. (2024, May 30). Beaver County farmer and employee sentenced for using toxic pesticide to kill migratory birds. Western District of Pennsylvania. <https://www.justice.gov>
- Wang, Man & Chu, Jun & Wang, Yu & Li, Fagui & Liao, Mingqing & Shi, He & Zhang, Yingna & Hu, Guoliang & Wang, Jiangfeng. (2019). Forensic entomology application in China: Four case reports. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 63. 10.1016/j.jflm.2019.03.001. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30861472/>