

ENTOMOLOGÍA FORENSE

RECIF Número Especial



Rector

Dr. Enrique Graue Wiechers

Directora

Dra. Zoraida García Castillo

Secretaria General

Dra. Ana María Sosa Reyes

Editor

Dr. Carlos Pedraza Lara

Consejo editorial

Dra. Zoraida García Castillo, Dra. María Elena Bravo Gómez, Dr. Vicente Torres Zúñiga, Dra. Alexa Villavicencio Queijeiro, Mtro. Jorge Luis López Zepeda, Dra. Anahy Rodríguez González, Dr. Mirsha Quinto Sánchez.

REVISTA DIGITAL DE CIENCIA FORENSE,

Año. 2, No. 2 especial, abril-septiembre 2023. Publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses (ENaCiF), Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Col. Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Teléfono 56-23-23-00 ext. 24210, <http://recif.unam.mx/>, correo electrónico: recif@enacif.unam.mx. Editores responsables: Dr. Mirsha Quinto Sánchez y Dr. Vicente Torres Zúñiga, Certificado de Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2023-101812092200-102, ISSN en trámite, Responsables de la última actualización de este número: Dr. Mirsha Quinto Sánchez y Dr. Vicente Torres Zúñiga, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Col. Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación: 24 de abril de 2023.

La responsabilidad de los textos publicados en Revista Digital de Ciencia Forense recae exclusivamente en los autores y su contenido no refleja necesariamente el criterio de la Institución. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

Producción editorial: Carlos Pedraza Lara, Margarita Ojeda, José L. Navarrete-Heredia, Vicente Torres Zúñiga.

Diseño, maquetación: Mirsha Quinto Sánchez.

Portal Web: Ing. Luis Flores, Dr. Vicente Torres, Dra. Sofia Huerta-Pacheco.

Diseño de portada: María Fernanda Del Pilar Valdez.

Diseño de logo de la revista: Emir Romero Borbolla.

ÍNDICE

a Editorial

Artículos de investigación

1 Agentes biodeteriogenos implicados en el detrimento de patrimonio documental del siglo XIX
Aida Verónica Rodríguez-Tovar, Guillermo Domínguez-López, Sofía Pamela Roque-Bermúdez, Rodrigo López-Valdivia, Daniel Garmendía-Ruiz, Brenda Nallely Santos-Ocampo, Víctor Alejandro Estrada-López, Dara Araceli Valencia-Hernández, Susana Aurora Hoyos-Velasco, Adrián Ramírez-Granillo

16 Identificación de microorganismos patógenos, aislados de moscas de importancia forense, utilizando pruebas bioquímicas, en el noreste de México
Alejandra González Bonilla, Laura Yanneth Ramírez Quintanilla, María Ludivina De Los Reyes Martínez, Ignacio Hernández Rodríguez, Israel Estrada Camacho

23 La colección de artrópodos de interés forense, Universidad Nacional Autónoma de México
Carlos Pedraza-Lara

Artículos de divulgación/difusión

36 Colección entomológica de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León
Violeta Ariadna Rodríguez Castro, Humberto Quiroz Martínez

41 Acarología forense en México, ¿dónde estamos y hacia dónde vamos?
Margarita Ojeda

48 Moscas carroñeras: su importancia y cómo reconocerlas
Alan Cano-Ravell, Guadalupe del Carmen Reyes-Solís

54 La colección entomológica del centro de estudios en zoología (CZUG), CUCBA, Universidad de Guadalajara: su relevancia en las ciencias forenses
José L. Navarrete-Heredia, Jessica B. López-Caro, Georgina A. Quiroz-Rocha

62 La bioética en el ámbito forense
Marta Saloña Bordas, Alejandra M. Perotti

EDITORIAL

Introducción la número especial de entomología forense

La entomología forense es “*el amplio campo en el que la ciencia de los artrópodos y la ley confluyen*” (1), para utilizar una definición amplia. Si bien es una disciplina en pleno desarrollo, el importante papel que el conocimiento de los artrópodos puede jugar en una investigación legal se conoce ya desde hace siglos. El primer caso conocido de un crimen que se resolvió utilizando a los insectos como evidencia data del siglo XII. Se encuentra relatado en un texto autoría del abogado chino Sung Ts’u sobre investigaciones criminales titulado “*El lavado de los males*”. En su libro, Ts’u cuenta la historia de un asesinato cerca de un campo de arroz. La víctima había sido acuchillada repetidamente. Los investigadores sospecharon que el arma homicida era una hoz, una herramienta común utilizada en la cosecha de arroz. Pero ¿cómo podría identificarse al asesino, cuando tantos trabajadores portaban estas herramientas? El magistrado local reunió a todos los trabajadores y les dijo que depositaran las hoces sobre el suelo. Aunque todas las herramientas parecían limpias, una rápidamente atrajo un gran número de moscas. Las moscas podían sentir el residuo de sangre y tejido invisible al ojo humano. Cuando se enfrentó a esta evidencia, el asesino confesó el crimen.

En los siglos XVIII y XIX, el desarrollo inicial de la entomología forense se situó principalmente en Francia y Alemania, ligado a las observaciones hechas por médicos forenses durante exhumaciones masivas. Los médicos Mateu Orfila y Octave Lesueur publicaron manuales sobre exhumaciones (2), en los que registraban la presencia de insectos en los cadáveres exhumados. Algunos de estos artrópodos fueron identificados a especie en su publicación de 1831, en lo que es el primer trabajo académico en el que se estableció una relación entre insectos específicos y cuerpos en descomposición. Posteriormente, François Bergeret en 1955 publica el primer trabajo académico sobre la determinación de un intervalo *post mortem* mínimo y en la segunda mitad del siglo XIX, los trabajos de Hermann Reinhart y el trabajo fundamental de Jean Pierre Mégnin sentaron las bases para el desarrollo internacional de la disciplina en otros continentes. Especialmente el trabajo de Mégnin (3) tuvo especial efecto en Estados Unidos y Canadá, desde donde el desarrollo posterior de la disciplina tuvo especial impulso. Desde que estos destacados especialistas llevaron a cabo sus trabajos, se observó la importancia de generar trabajos que documentarán de manera sistemática la diversidad de especies que tenían importancia en términos forenses. El mismo Mégnin ya mencionaba que sus estudios tenían validez en el contexto geográfico en el que habían sido observados, ya que en otras regiones del mundo podían existir distintas especies. Es necesario, por tanto, reconocer la diversidad de especies de importancia forense en distintas regiones, lo que posibilitará la aplicación de su conocimiento en casos legales.

Atribuible a distintas circunstancias, el desarrollo de la entomología forense tuvo que esperar a la segunda mitad del siglo XX, especialmente a partir de la década de 1980, cuando su práctica pericial y la investigación académica comenzó a difundirse principalmente en Europa, Estados Unidos, Canadá y algunos países asiáticos y latinoamericanos. En México es actualmente una disciplina en desarrollo en ambos aspectos.

Hoy en día, la entomología forense es considerada una disciplina que trata con muy distintos aspectos, no sólo con aquellos concernientes a la medicina legal. Entomología urbana, de productos almacenados, entomología veterinaria, los delitos ambientales (en que se ven involucrados los artrópodos) e incluso la entomo-arqueología, son algunos de los campos de aplicación, que no necesariamente tienen que ver con descomposición cadavérica. El adecuado reconocimiento de su campo de aplicación agrega entonces un número importante de grupos biológicos que deben

ser tratados en la disciplina. El reconocimiento y la caracterización de la diversidad de especies de importancia forense en México son por tanto, aspectos fundamentales para impulsar a la disciplina.

En México, la disciplina lleva varias décadas de desarrollo, especialmente a partir del siglo XXI, cuando distintos grupos académicos y periciales, han incorporado la disciplina a sus investigaciones. De manera destacada, se ha ido despertando interés en últimos años, y con ello, la formación de personal altamente calificado en distintos puntos de nuestro país. Como resultado, se han organizado un número de reuniones académicas, como algunas ediciones del simposio en entomología forense, como parte del Congreso Nacional de Entomología, que periódicamente se lleva a cabo en nuestro país. En respuesta a la creciente inquietud de la comunidad académica y pericial, en junio de 2022, fue organizada la primera reunión académica dedicada enteramente a la entomología forense, bajo el nombre: "Reunión de Entomología Forense 2022". La reunión fue una convocatoria internacional llevada a cabo por la Universidad de Guadalajara y la Universidad Nacional Autónoma de México que conjuntó a más de 50 instituciones. Parte de las conclusiones emanadas de dicha reunión incluía la necesidad de participar en espacios que permitan integrar la labor de los sectores académico y de procuración de justicia, además de dar difusión al público interesado en las ciencias forenses, sobre los alcances y necesidades de la disciplina en el contexto nacional. Algunos de los temas tratados incluyeron aspectos de catalogación de la diversidad de grupos de artrópodos, la relevancia de la bioética en el trabajo de investigación, el daño a documentos históricos, la entomología urbana, entre otros. Se presentó, por ejemplo, la necesidad de contar con un acervo unificado, que correspondería a una Colección Nacional de Artrópodos de Referencia Forense, que representara de manera adecuada la diversidad de este grupo en nuestro país y que funcionara como referencia para facilitar y fundamentar el trabajo pericial de identificación de especies.

Considerando la nutrida respuesta a este evento, surgió la iniciativa de conjuntar en una publicación, que contuviera los aspectos tratados durante dicha Reunión, con el fin de mostrar al menos una parte del trabajo que se hace en nuestro país sobre la disciplina, incidiendo de manera positiva en su quehacer. Es así como surge este número especial de la Revista Digital de Ciencias Forenses, en el que el lector podrá documentarse sobre algunos de los esfuerzos que se están llevando a cabo, desde distintos enclaves de nuestro país. Especialmente, se menciona la importancia de integrar acervos biológicos de los grupos de artrópodos de importancia forense. En este número se presentan distintas colecciones de gran importancia, ya que acumulan acervos a ser utilizados como referencia para los practicantes de la entomología forense en investigaciones del Sistema de Justicia. Como respuesta a la necesidad de un acervo con alcance nacional que incluya los principales grupos de artrópodos de interés forense, se presentan en este número una serie de colecciones que incluyen tales grupos, con el contexto necesario para entender algunos aspectos de su formación y representación. Tal es el caso de la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología (CZUG), CUCBA, Universidad de Guadalajara (Navarrete-Heredia y colaboradores), la Colección de Artrópodos de Interés Forense, de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses, Universidad Nacional Autónoma de México (Pedraza-Lara) y la Colección Entomológica de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León (Rodríguez Castro y Quiroz Matrtínez).

El presente número incluye otros trabajos que abordan temas de primera importancia. El trabajo de Saloña y Perotti, argumenta sobre la importancia que tiene el seguimiento de los principios de la bioética como ejes rectores de la actividad de investigación académica y judicial. Trabajos de difusión sobre la importancia forense de grupos biológicos han encontrado también un espacio. El trabajo de Ojeda, revisa el estado de desarrollo en nuestro país de una disciplina de alta especialidad y de gran valor probatorio: la acarología forense. El trabajo de Cano y Reyes-Solís, revisa las generalidades de algunos de los grupos de dípteros (moscas) de mayor relevancia en aspectos médico-legales. Por su parte, el trabajo de Rodríguez-Tovar y colaboradores, trata de la importancia que la actividad de organismos en el deterioro de documentos, en un tema de

gran relevancia para el mantenimiento de acervos históricos. El trabajo de González Bonilla y colaboradores identifica microorganismos patógenos aislados de dípteros de importancia médico-legal y documentan la posible relevancia en salud pública.

Consideramos que este número es de un gran valor, entre otras cosas porque como el lector podrá percatarse, se trata de trabajos de gran relevancia, los cuales paradójicamente, ameritan mucha mayor atención en la literatura científica. Pensamos que que este esfuerzo es un acercamiento a la disciplina conveniente para el público interesado en las ciencias forenses y esperamos represente la apertura para la disciplina de un recurso editorial formidable, que impulse la producción de posteriores trabajos de relevancia para su desarrollo, además de constituir un foro para la integración de la información generada en los distintos sectores involucrados en su aplicación.

Carlos Pedraza Lara

Editor Número especial Entomología Forense

Revista Digital de Ciencia Forense (RECIF)

Escuela Nacional de Ciencias Forenses, UNAM.

Citas

1. Huntington, T., Weidner, L., & Hall, R. Introduction: current perception and status of forensic entomology. In *Forensic entomology : the utility of arthropods in legal investigations*. 2020. (3a. ed., pp. xxiii-xxxiv). Tomberlin, Jeffery.
2. Orfila, M. J. B., & Lesueur, O. *Traité des exhumations juridiques, et considérations sur les changements physiques dans l'eau, dans les fosses d'aisance et dans le fumier*. Béchet Jeune. París. 1831. 331-333.
3. Mégnin, P. *La faune des cadavres: application de l'entomologie à la médecine légale* (Vol. 101). G. Masson. 1894.
4. Mégnin, J. P. *La faune des tombeaux*. Gauthier-Villars. 1887.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Agentes biodeteriogenos implicados en el detrimento de patrimonio documental del siglo XIX

Aída Verónica Rodríguez-Tovar¹, Guillermo Domínguez-López¹, Sofía Pamela Roque-Bermúdez¹, Rodrigo López-Valdivia¹, Daniel Garmendia-Ruiz¹, Brenda Nallely Santos-Ocampo¹, Víctor Alejandro Estrada-López¹, Dara Araceli Valencia-Hernández², Susana Aurora Hoyos-Velasco², Adrián Ramírez-Granillo^{1,3} ✉

¹Laboratorio de Micología Médica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB)-Instituto Politécnico Nacional (IPN), Departamento de Microbiología, Ciudad de México, México.

²Subdirección de Investigación y Conservación del Patrimonio Documental-Archivo General de la Nación (AGN), Ciudad de México, México.

³Academia de Técnico Laboratorista Clínico, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos N° 6 "Miguel Othón de Mendizábal"- Instituto Politécnico Nacional (IPN), Ciudad de México, México.

✉ adramirezg@ipn.mx

Datos del artículo

Cita: Rodríguez-Tovar Aida Verónica, Domínguez-López Guillermo, Roque-Bermúdez Sofía Pamela, López-Valdivia Rodrigo, Garmendia-Ruiz Daniel, Santos-Ocampo Brenda Nallely, Estrada-López Víctor Alejandro, Valencia-Hernández Dara Araceli, Hoyos-Velasco Susana Aurora, Ramírez-Granillo Adrián. 2023. Agentes biodeteriogenos implicados en el detrimento de patrimonio documental del siglo XIX. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(2) Especial: 1-15 pp.

Editor: Carlos Pedraza Lara.

Recibido: 9 agosto 2022.

Aceptado: 26 enero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

El Archivo General de la Nación (AGN) es una institución gubernamental encargada de conservar y difundir el patrimonio documental nacional. Dentro de su inmueble, se cuenta con un conjunto de materiales documentales del siglo XVI al XX que han sufrido deterioro, término que se define como la modificación de las propiedades físicas, químicas y estéticas debido a factores intrínsecos (composición del soporte) y extrínsecos (ambientales, antropogénicos y biológicos). Cuando esta afectación es llevada por un factor biológico suele referirse a biodeterioro, proceso que provoca alteraciones en la naturaleza de los bienes culturales, depreciando su valor estético y funcional. Durante el año 2019, bajo el proyecto que realizan el AGN y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), se llevó a cabo un estudio del patrimonio documental con riesgo biológico para su rescate. Se trabajaron con documentos que mostraban distintos grados de biodeterioro, y se tomaron muestras representativas que mostraban un ataque fúngico. Particularmente, el documento DOC-101, mostró hallazgos distintivos, y detrimento en el soporte (papel de pulpa de trapo). Las muestras obtenidas se sembraron en medios de cultivo y posteriormente, se llevó a cabo la descripción macroscópica y microscópica del agente fúngico aislado de la muestra. Los resultados mostraron un insecto muerto y observaciones en fresco del soporte, con la presencia del hongo filamentoso aislado *Aspergillus* sp. El agente entomológico muerto inoculado, *Lepisma saccharina*, comúnmente denominado pececillo de plata, es reportado como insecto bibliófago. Asimismo, fue posible aislar un agente bacteriano de la muestra del soporte, caracterizado como bacilo Gram variable.

Palabras clave: Biodeterioro, patrimonio documental, hongos filamentosos, insectos, bacterias, biodeteriogenos

Abstract

The Archivo General de la Nación (AGN) is a governmental institution in charge of preserving and broadcasting the national documentary heritage. Inside the building exists a collection of documentary materials from the 16th to the 20th century, which have been found to be deteriorated. Cultural property is exposed to different types of deterioration (chemical, physical and biological). Biodeterioration is a complex process caused by biological agents that cause alterations in the nature of cultural property, depreciating its aesthetic and functional value. During 2019, under the project carried out by the AGN and the Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) of the Instituto Politécnico Nacional (IPN), the study of documentary heritage with biological risk was considered for its rescue. Documents showing different degrees of biodeterioration were worked and representative samples of fungal attack were collected. Particularly, a document named DOC-101 was investigated due to the distinctive findings, as well as the detriments manifested in the base (rag pulp paper). The samples were seeded in culture media and subsequently, macroscopic and microscopic description of the fungal agent isolated from the sample was performed. The results have shown that from the dead insect and fresh observations of the substrate, the genus of the filamentous fungus isolated was *Aspergillus* sp. The dead entomological agent that was inoculated is a silverfish, reported as a bibliophagous insect. Likewise, it was possible to isolate a bacterial agent from the support sample, characterized as a Gram variable bacillus.

Keywords: Biodeterioration, documentary heritage, filamentous fungi, insects, bacteria, biodeteriogens

Introducción

El Archivo General de la Nación (AGN) es la institución encargada de conservar y difundir el patrimonio cultural que aporta evidencias de los sucesos más trascendentales que han marcado nuestro andar como sociedad. El acervo documental custodiado por el AGN en diversas áreas de conservación, está expuesto constantemente a sufrir alteraciones físicas, químicas y/o biológicas (1).

En el caso del deterioro biológico, o biodeterioro, los agentes biológicos involucrados provocan alteraciones no deseadas en las propiedades de los materiales de valor cultural (2,3). El soporte es el vehículo del mensaje plasmado, constituido principalmente de diversos materiales de origen natural o sintético (4). El papel es uno de los soportes más usados para la representación escrita de los documentos, siendo susceptible a alteraciones en sus propiedades a causa de diversos factores. Dentro de los factores químicos, se reportan las variaciones de pH, degradación de las macromoléculas constituyentes del papel, así como, la utilización de productos inadecuados en las restauraciones y fumigaciones (3). Asimismo, el factor biológico es determinante en los cambios indeseables en las propiedades de ciertos materiales, agentes biodeteriogenos, sumado a la combinación de las condiciones climáticas y microclimáticas de la zona geográfica (5). El deterioro gradual de las cualidades físicas, químicas y estéticas originales del objeto de interés, lógicamente, se incrementan a medida que transcurre el tiempo. En consecuencia, los sitios de resguardo para la conservación de los documentos son considerados un tema fundamental al momento de albergar el patrimonio. Las condiciones óptimas del ambiente de conservación se deben exentar de instalaciones defectuosas, factores fisicoquímicos desfavorables, almacenaje y manipulación incorrectos. Basándose en un objetivo central enfocado a evitar el biodeterioro en los patrimonios documentales y bibliográficos (6). El material documental puede presentar daños ocasionados por diferentes organismos (macroscópicos o microscópicos), los cuales se desarrollan bajo la presencia de factores extrínsecos (temperatura y humedad, entre otros) que les propician las condiciones necesarias para su crecimiento, modificando eventualmente la composición química del soporte y posteriormente, la estética del material documental (3). Los agentes causales del biodeterioro pueden clasificarse como productores o destructores (7). Los organismos productores se describen como causantes de afectaciones de forma indirecta en el soporte (algas, líquenes, cianobacterias). Como tal, el daño se deriva de los productos de su metabolismo o por deterioro físico resultado de la penetración mecánica de determinadas estructuras dentro de la obra. Los organismos destructores se reconocen por el efecto directo provocado en el material documental, ya que emplean los materiales presentes en el documento (celulosa, colas, adhesivos y diversos polímeros) para su metabolismo. Este proceso nocivo causa que se desencadene la producción de ácidos orgánicos y pigmentos ocasionando que

se acumulen en el soporte y, finalmente, se deteriore el patrimonio documental. Algunos ejemplos de organismos destructores que se reportan son los insectos, roedores y microorganismos (bacterias, levaduras, actinomicetos y hongos, 7,8). Conjuntamente, las modificaciones y daños que se pueden manifestar, desencadenan una serie de reacciones fisicoquímicas y biológicas, tanto a nivel superficial como estructural en el soporte. Los tipos de daño en los materiales documentales se clasifican como daños físicos, químicos y biológicos (9). El daño físico se muestra por efecto de la temperatura con endurecimiento o reblandecimiento de colas y adhesivos; rigidez, contracción, deformación, agrietamiento y craquelamiento del papel, así como, corrimiento de tintas y pigmentos. Con respecto al daño químico, es causado por las alteraciones químicas producidas en el soporte, destacando la acidificación del papel, propiciando la aparición de manchas, amarillamiento, *foxing* o corrimiento de las tintas. Para el daño biológico, de forma general, se describen dos tipos de detrimento al soporte. El primero es el daño estético, el cual se aprecia por cambios en el color del soporte y su aspecto a nivel visual (aparición de manchas de diferentes colores y pigmentos), además la acidificación del papel ocasiona la pérdida de resistencia, favoreciendo el desarrollo de microorganismos fúngicos. El otro tipo de daño se refiere al mecánico, y se muestra en función del agente biodeteriígeno implicado. La acción que ejercen los microorganismos por su crecimiento o movimiento, suele ocasionar la pérdida de la unión del soporte. Con relación a los organismos destructores, específicamente los insectos, se refieren como biodeteriógenos de gran impacto para los documentos. El daño se favorece debido a la superficie de contacto, aunado al medioambiente y los componentes del soporte. Adicionalmente, se generan lesiones como abrasiones superficiales, túneles y galerías de diámetro y forma inespecífica, dependiendo de la especie que lo efectúe (3). Específicamente, los artrópodos como los pececillos de plata, o bien, *Lepisma saccharina*, del orden Zygentoma, suelen ser algunos de los agentes bibliófagos que pueden causar biodeterioro, localizándose principalmente hacia los márgenes de los documentos, llegando a erosionar las superficies al alimentarse de colas, gelatinas, almidones, adhesivos de lomos y empastes. En caso de avistar insectos como *L. saccharina* durante monitoreos ambientales, se sugiere realizar una revisión y limpieza exhaustiva del documento, para posteriormente aplicar agentes insecticidas efectivos contra el biodeteriígeno (44). Asimismo, la conservación de archivos en el entorno de la investigación forense es sustancial dados a los procesos de justicia transicional, lo que resulta importante considerando la necesidad del resguardo de pruebas materiales en almacenes con condiciones ambientales ideales, que además, favorecen su preservación y disminuyen la posibilidad de alteración a causa de factores intrínsecos y extrínsecos. En ese mismo contexto, la dificultad que representa el control de los factores ambientales en los almacenes para la conservación de estos soportes documentales de interés forense (temperatura, ventilación y humedad relativa) se ve reflejado en la infraestructura disponible y de mantenimiento del reservorio documental (10).

El presente trabajo es un ejemplo de las oportunidades en la investigación del campo de las ciencias forenses, específicamente en la entomología forense junto con otras áreas de las ciencias biológicas como la microbiología, que se pueden abordar para su estudio. Adicionalmente, la rama de la archivística como disciplina auxiliar o funcional de la administración e historia, que se refiere a la creación y funciones de los archivos y a sus fundamentos legales o jurídicos, tiene como visión la preservación de la memoria en todos sus medios de soporte, evitando la pérdida del patrimonio documental nacional mediante este tipo de avances científicos multidisciplinarios (11,12).

Material y Método

Durante el año 2019, a partir de una revisión aleatoria de aproximadamente 1,676 cajas (la mayoría de cartón) provenientes del Laboratorio de Investigación del AGN y el área de Recepción de Documentos del edificio Anexo, se muestrearon al azar bienes documentales que datan del siglo XVI hasta el siglo XX, para determinar el grado de biodeterioro fúngico (20). Además de un interés especial por los daños físicos observados, así como otros hallazgos microbiológicos y entomológicos detectados en cada documento. El material documental de interés de este trabajo se registró con la clave DOC-101. Se describió como formato de encuadernado, con hojas de papel de pulpa de trapo con portada de piel y cartón. Dentro de los detalles históricos del bien documental, se reporta que fue registrado entre el año 1843 a 1844 con el nombre de “Receptoría de Rentas de Fepeapulco”.

Medios de cultivo

Los medios de cultivo que se implementaron para el primoaislamiento, así como, la caracterización macroscópica y microscópica de los agentes contaminantes provenientes de los diferentes documentos fueron agar papa dextrosa (PDA) y agar de infusión cerebro corazón (BHI).

Toma de muestra para primoaislamiento

La selección de las muestras se llevó a cabo con base en la elección de los materiales documentales que presentaban en su interior o sobre el soporte la aparición de puntos negros, manchas de textura pulverulenta (cuyas tonalidades son verde-azuladas, marrones, cafés, negras) indicando que probablemente, el agente causante de estas modificaciones fuera fúngico (3,13). Se implementaron técnicas de siembra bajo condiciones asépticas en medios de cultivo para hongos tales como siembra directa, siembra por estría masiva a partir de un hisopo sumergido en PBS estéril, siembra por punto, siembra por picadura y siembra por raspado (14). Después de que se desarrolló alguna colonia fúngica en el medio de cultivo, fue necesario verificar si el cultivo era

axénico. En caso contrario, se realizó un aislamiento posterior hasta obtener cultivos puros en medio PDA. Los medios se incubaron durante 7 días a una temperatura a 28°C, y posteriormente se realizó la caracterización del posible agente fúngico biodeteriígeno. Adicionalmente, se sembraron inóculos del material documental en medio BHI, con el objetivo de verificar el crecimiento de agentes bacterianos.

Caracterización de los agentes biodeteriogenos

Para la caracterización macroscópica y microscópica fúngica, se procedió a la descripción de la morfología colonial y estructuras de diferenciación asexual principalmente, usando claves taxonómicas convencionales (14-18). Para la morfología macroscópica se describieron las características propias para hongos filamentosos como textura, superficie, color de la colonia (lado anverso y reverso) y producción de pigmento difusible al medio. Para la morfología microscópica, se realizaron observaciones en fresco mediante el uso del colorante azul de algodón de lactofenol. Asimismo, se realizó la técnica de microcultivo para describir microscópicamente a los hongos filamentosos e identificar el posible género fúngico involucrado. El método utilizado se realizó bajo el protocolo descrito en el Laboratorio de Micología Médica de la ENCB-IPN (14), y las preparaciones se observaron al microscopio óptico a un aumento total de 400X. Con relación a los agentes bacterianos aislados, se describió la morfología colonial para bacterias bajo las claves biológicas descritas por el Laboratorio de Microbiología General de la ENCB-IPN (46). Aplicando una tinción de Gram, se realizó la descripción microscópica bacteriana en un microscopio óptico a un aumento total de 1000X. El agente entomológico fue descrito con ayuda de las claves taxonómicas de Gálvez-Esteban, así como de Ribera y colaboradores (36,37).

Resultados

El documento DOC-101 se describió con un biodeterioro abundante, mostraba daño mecánico profundo en el interior (específicamente en la parte interna del lomo), acompañado de crecimiento fúngico, presencia de artrópodos muertos entre las hojas, formación de galerías circulares que perforaban todas las hojas bajo un mismo patrón. Con relación al agente fúngico, se observó una textura aterciopelada sobre el papel, aunado a pigmentos difusibles en varias hojas de color verde, violeta y café.

Mediante muestras obtenidas por raspado del posible agente fúngico proveniente del soporte contaminado, así como, por improntas obtenidas con cinta adhesiva, se realizaron observaciones en fresco con azul de algodón lactofenol. Las estructuras observadas se relacionaron a propágulos de reproducción asexual tales como conidióforos con vesícula y fiálides adyacentes, además de conidios dispersos (Figura 1a).

Cultivos provenientes del primoaislamiento

Las muestras del documento DOC-101 se sembraron en los medios de cultivo BHI y PDA. La técnica de inoculación que se utilizó fue por siembra directa utilizando dos especímenes. La primera muestra fue un insecto muerto (posible pececillo de plata) encontrado entre las hojas (Figura 1b). Posterior al tiempo de incubación, se observó crecimiento de una colonia fúngica aterciopelada sobre el insecto (Figura 1c, 1d). La micrografía proveniente de una muestra del cultivo del primoaislamiento, realizada en fresco con azul de algodón lactofenol, ayudó a comprobar que se trataba de un hongo filamentoso con conidios en disposición columnar catenulados (Figura 1e). Por otro lado, a partir de una segunda muestra (fragmento de papel del documento) se observó un crecimiento de consistencia suave y color blanco, que a simple vista aparentaba no ser un cultivo axénico, ni fúngico (Figura 1f, 1g).

Caracterización de agentes aislados axénicos.

A partir de los agentes aislados provenientes del DOC-101, se obtuvieron los cultivos axénicos que fueron caracterizados anteriormente. Para el caso del hongo inicialmente se sembró en medio PDA y, las características de la morfología colonial que se describieron fueron: textura aterciopelada, superficie plana, color del lado anverso verde-gris, blanco en el límite de la colonia, color del lado reverso blanco, sin pigmento difusible (Figura 2a, 2b). Posteriormente, a partir del microcultivo derivado del primoaislamiento, se observó microscópicamente el tipo de micelio descrito como septado hialino macrosifonado, con propágulos y estructuras asexuales como conidióforo con vesícula, fiálides uniseriadas y cadenas de conidios adyacentes con disposición columnar, sostenidos por el pie de hifa (Figura 2c, 2d). Los hallazgos anteriores sugieren que la identidad del agente fúngico aislado es del género *Aspergillus* sp. Al comparar ambas morfologías del cultivo axénico con los detalles microbiológicos del cultivo fúngico del primoaislamiento de *L. saccharina*, coincide la identidad en ambos cultivos. Adicionalmente, el cultivo obtenido de la muestra de papel inoculada, se sembró en BHI y perfiló una sola morfología colonial de naturaleza bacteriana de tamaño 2-3 mm, color blanco, forma circular, bordes enteros, elevación plana, superficie lisa, aspecto húmedo, luz reflejada brillante, luz transmitida translúcida y consistencia suave (Figura 2e). La morfología microscópica se describió como forma bacilar aislada de tamaño $\approx 1 \mu\text{m}$ de ancho y $\approx 3 \mu\text{m}$ de largo, con afinidad tintorial Gram variable (Figura 2f). La descripción entomológica del *L. saccharina* se realizó mediante la identificación morfológica. Presenta un cuerpo fusiforme de una longitud de 0.8 a 12 mm, formado por tres segmentos (cabeza, tórax y abdomen). Además, posee el cuerpo cubierto por pelos modificados a modo de escamas de color gris plateado, seis patas articuladas ubicadas en el tórax y, en el último segmento del abdomen presenta el filamento caudal y los cercos largos. Tiene un par de antenas largas y no presenta alas (Figura 2g). A nivel taxonómico, se ubica en el *subphylum* Hexapoda del *phylum* Arthropoda (36,37).

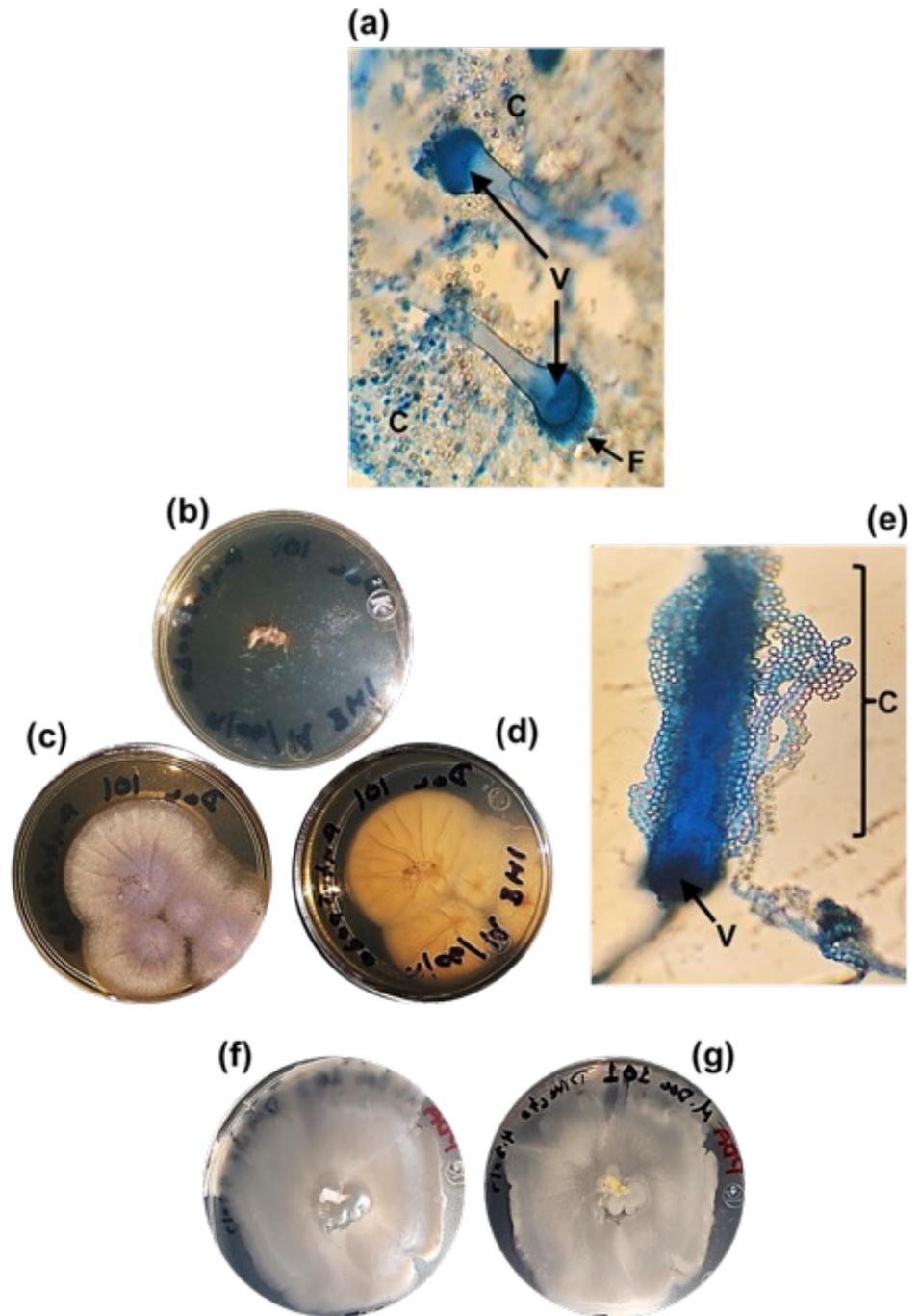


Figura 1. Micrografías de los cultivos del primoaislamiento provenientes de DOC-101. a) Preparación en fresco del hongo filamentoso procedente de una muestra directa del soporte (40X). Se observaron conidióforos con vesículas (V) y proyecciones tipo fiáldes (F); además, se perciben conidios (C) colindantes. b) Artrópodo inoculado en medio BHI, identificado como *L. saccharina*. c) Colonia fúngica del lado anverso de textura aterciopelada, superficie plana, color gris, sin pigmento difusible. d) Colonia fúngica del lado reverso con pigmento color blanco. e) Preparación en fresco del primoaislamiento del hongo filamentoso (40X). Conidióforo con vesícula (V) y conidios (C) en disposición columnar en cadena. f) Colonia de apariencia bacteriana o levaduriforme, lado anverso de color blanco y consistencia suave. g) Lado reverso color blanco.

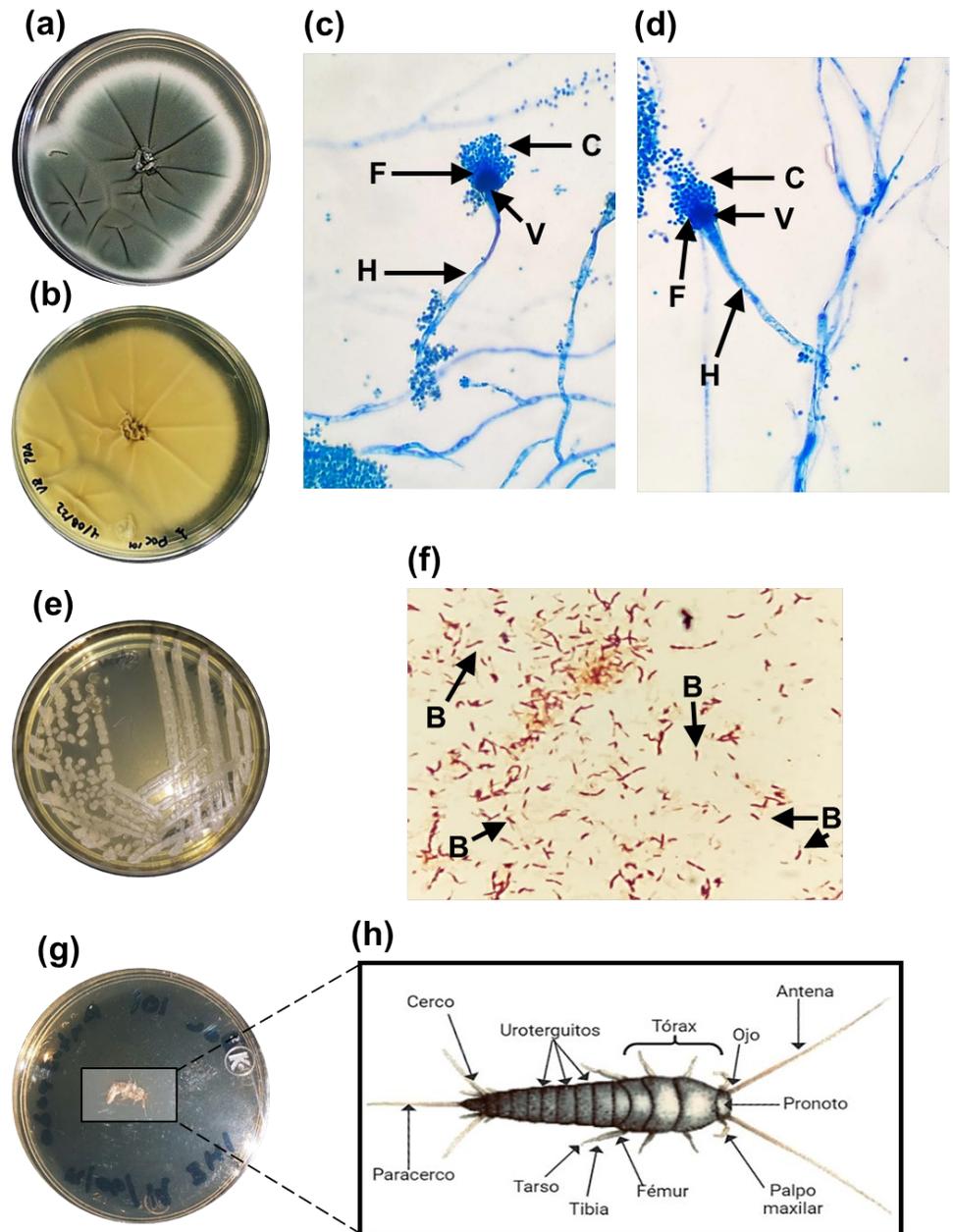


Figura 2. Cultivos axénicos provenientes de DOC-101. a) Morfología colonial en medio PDA del primoaislamiento de *Aspergillus* sp. del lado anverso; b) lado reverso. c-d) Micrografías del microcultivo (40X): vesícula (V), fiálides uniseriadas (F), conidios (C), pie de hifa (H). e) Morfología colonial bacteriana a partir del medio BHI. f) Morfología bacteriana microscópica (100X): bacilos (B). g) Primoaislamiento a partir del espécimen bibliófago. h) Estructura de *L. saccharina*: Cuerpo fusiforme formado por tres segmentos (cabeza, tórax y abdomen) color gris plateado, seis patas articuladas ubicadas en el tórax, en el último segmento del abdomen presenta el filamento caudal y cercos largos. El esquema del artrópodo fue tomado y modificado de Aak y colaboradores (47). La figura fue creada con BioRender.com.

Discusión

El biodeterioro en el patrimonio documental es una problemática a nivel mundial, que pone en riesgo el legado histórico, así como, los hallazgos sociales, culturales, políticos y económicos que aportan evidencias trascendentales que permiten entender la evolución de la sociedad a lo largo del tiempo. En nuestro país, lamentablemente, existen escasos estudios sobre esta situación nociva, lo que ha provocado pérdidas de bienes documentales causados por diversos agentes biológicos (29,45). Actualmente, en México organismos involucrados en estos eventos, se han vinculado bajo un interés científico y de beneficio para el patrimonio nacional. Instituciones como el AGN y la ENCB-IPN, bajo el apoyo de la Subdirección de Investigación y Conservación del Patrimonio Documental del AGN, han realizado actividades técnicas y científicas con el objetivo de solucionar algunas contingencias de riesgo en bienes documentales que son resguardados en dicha institución. Durante un muestreo en el año 2019, el documento de papel de pulpa de trapo DOC -101 fue de gran interés al analizarlo, por sus características estructurales del soporte y los hallazgos biológicos. Este material documental fue elaborado de forma manual, mediante este proceso de fabricación el soporte adquiere una constitución química con un alto contenido en lignina, celulosa y alfa-celulosa. En contraste, cuando los papeles se fabrican de forma mecánica, el soporte no posee la misma composición que se describió anteriormente, debido al uso de colas, adhesivos, agentes espesantes y blanqueadores. Además, variables como la humedad relativa, temperatura y pH, presentes en el ambiente de resguardo, favorecen el inicio del fenómeno de biodegradación (3,8). El biodeterioro del encuadernado DOC-101, se reportó con un nivel abundante con respecto a los agentes biodeteriogenos fúngicos, es decir, crecimiento del hongo, pigmentación y/o fragilidad presente en >75% de la superficie total del documento. En relación con este parámetro comparativo, existen otros dos niveles de biodeterioro. Uno es el nivel de biodeterioro alto, crecimiento fúngico, pigmentación y/o fragilidad que se desarrolla en el 50% del material. Por otro lado, el biodeterioro moderado es aquel que se presenta cuando el crecimiento fúngico, pigmentación y/o fragilidad alcanza <25% de la superficie afectada. Esta clasificación se implementó por el grupo de trabajo durante actividades previas de inspección y muestreo, además de la investigación de diversos criterios manejados por diversos autores (3,6,13,20,21,24). Demostrar que un agente biodeteriogeno se involucra en el detrimento del acervo documental es un proceso complejo, y debe considerarse que este efecto nocivo es multifactorial. Específicamente, en el impacto de factores biológicos como los agentes destructores, se relaciona con un daño directo comprometiendo los constituyentes químicos del soporte. En el documento DOC-101, se identificaron biodeteriogenos fúngicos y bacterianos; así como, entomológicos (Figura 1). Los hongos han sido reportados como los microorganismos con mayor responsabilidad de biodeterioro documental, debido a su carácter ubicuo, heterótrofo, saprobio y xerófilo; además son

productores eficientes de diferentes metabolitos (3,25). Por consiguiente, durante la observación al microscopio de muestras en fresco, se esperaba la evidencia de hongos filamentosos, en especial del género *Aspergillus* (Figura 1a-1e; Figura 2a-2d). Dependiendo del género que ha colonizado el soporte, se puede relacionar el grado de afectación en el material documental. En varios reportes a nivel mundial, se ha mencionado que documentos con un nivel de biodeterioro abundante se vinculan con diversos agentes fúngicos colonizadores (*Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Chaetomium* sp.) siendo *Aspergillus* sp., uno de los biodeteriólogos de mayor incidencia en archivos, bibliotecas, museos y áreas de resguardo del acervo documental (25-29). Las propiedades fisicoquímicas intrínsecas del papel si han sido alteradas, como se evidenció en el material documental DOC-101, indican como se ha comprometido su integridad física. El papel del documento se mostraba con un alto grado de fragilidad y daño mecánico. El género *Aspergillus* sp. produce endoglucanasas (capaces de hidrolizar las regiones internas de la cadena celulolítica, generando celooligosacáridos), celobiohidrolasas (encargadas de remover la celobiosa), exoglucanasas (liberan la glucosa de los extremos reductores de la molécula de celulosa) y β -glucosidasas (hidrolizan los celooligosacáridos a glucosa). Dichas enzimas podrían ser parte del arsenal fúngico causante de la fragilidad en el papel, aunado a la capacidad de producir varios ácidos orgánicos como cítrico, glucónico, palmítico, oxálico, esteárico, oleico y linoleico. El efecto de estos ácidos se reporta a nivel de la actividad enzimática, aumenta la hidrólisis en los enlaces β -1,4-glicosídicos, provocando la desintegración de fibras de celulosa que brindan la fortaleza mecánica al soporte (30-33). Si bien, este tipo de hongo está en el ambiente archivístico al interior y exterior de los inmuebles, es indudable la necesidad de mantener las condiciones extrínsecas de los sitios de resguardo, como el reciclaje de aire en salas o depósitos, protocolos y medidas para la manipulación y almacenamiento de los bienes. Así también, una medida fundamental para la gestión del biodeterioro es el control de plagas, específicamente los insectos. La diseminación y posterior colonización de hongos en materiales históricos, se ha asociado a diferentes familias de insectos que actúan, por un lado como vectores biológicos y finalmente, como fuentes de nutrición decir, hongos de carácter entomopatógeno (8,34,35). La clase Insecta que constituye el grupo más amplio dentro de los artrópodos, también se considera como unos de los agentes biodeteriólogos principales. Dichos agentes bibliófagos, como también se les conoce, pertenecen al filo Arthropoda, al subfilo Hexapoda, clase Insecta y están agrupados en los siguientes órdenes: Blattodea (cucarachas), Zygentoma (pececillos de plata), Isoptera (termitas), Coleoptera (escarabajos), Lepidoptera (polillas), Orthoptera (grillos, saltamontes), Hymenoptera (abejas, avispas, hormigas), Diptera (moscas, mosquitos, tulpas) y Psocoptera (piojos de libros, 36,37). Así también, se llegan a clasificar por el patrón de daño manifestado siendo de tipo erosión o galerías. Diversos organismos entomológicos causantes de erosión, se caracterizan por mostrar deterioros con abrasiones superficiales

con contornos irregulares. Igualmente, agentes formadores de galerías se reconocen por formar túneles profundos de trayectoria irregular (3,8,38,39). El biodeterioro entomológico que fue detectado en el documento DOC-101 mostraba erosión, galerías y orificios. Proveniente de este acervo documental, fue posible recuperar un insecto muerto de la familia Lepismatidae del orden Zygenyoma, conocido por el nombre común de pececillo de plata (Figura 2g, 2h). Adicionalmente, este insecto es considerado como cosmopolita, manifestando un efecto de fototaxia negativa, complicando su observación. Requieren una humedad superior al 50% y temperaturas templadas en sus hábitats. Similar a lo reportado en los sitios dedicados al resguardo documental; motivo por el cual, estos insectos son uno de los problemas de plaga bibliófaga a nivel mundial más conocidas actualmente. Dentro de sus mecanismos biodeteriogenos, sintetizan enzimas que afectan a polisacáridos como la dextrina de los adhesivos empleados en la encuadernación de libros (43). Es pertinente mencionar que, si bien el hallazgo del pececillo de plata es indicativo de posibles procesos deteriorantes, definirlo como el agente biodeteriígeno definitivo, realmente da para un caso complejo. Por consiguiente, no se descarta que otros agentes entomológicos contribuyeron al deterioro del soporte como polillas o escarabajos (3,39), ya que también fue frecuente que se distinguieran galerías y túneles circulares en el documento. Para desempeñar este comportamiento bibliófago sobre los soportes degradando la celulosa, se reporta que los insectos pueden realizar tres estrategias para su asimilación. La primera vía es el establecimiento de la simbiosis de protozoos gastrointestinales (*Joenia* sp., *Devescovinia* sp.) y la microbiota endémica (bacterias espirales o bacilares). Esta interacción da como resultado la hidrólisis de este polisacárido mediante la síntesis de celulasas. La segunda estrategia se relaciona a una interacción hongo-insecto, siendo descrita en procesos de nutrición a partir de reservorios de almidón en células vegetales (concretamente en maderas curadas a altas temperaturas)(40).

Adicionalmente, a partir del soporte de pulpa de trapo se logró aislar a un agente bacteriano Gram variable (Figura 1f,1g; Figura 2e-2f). En lo que respecta de los géneros bacterianos biodeteriogenos aislados de los acervos documentales, han sido clasificados como quimioorganoheterótrofos, es decir, utilizan la materia orgánica del soporte para su metabolismo. Características que les otorgan la facultad para colonizar y, posteriormente, causar daños al soporte del documento; aunque también depende de la diversidad de géneros bacterianos que contaminan los archivos. Habitualmente, se reporta que las bacterias son productoras de metabolitos específicos que afectan los materiales documentales como enzimas y ácidos orgánicos. Los géneros de bacterias biodeteriogenas que son reportadas con estos mecanismos involucrados en el biodeterioro documental son *Bacillus* sp., *Micrococcus* sp., *Pseudomonas* sp., *Acinetobacter* sp., entre otros (3,41,42). El cultivo de la muestra del papel de pulpa del DOC-101 evidenció una bacteria con forma de bacilo Gram variable (Figura 2f). Ante la inminente identificación de este aislado bacteriano en

futuros proyectos, se investigó una posible paridad con alguna bacteria con propiedades biodeteriogenas y microscópicas similares. El género *Cellvibrio* sp. ha sido reportado causando daño a soportes de piel, adhesivos y textiles mediante proteasas, celulasas y la producción de ácido acético (3,42). Además, esta bacteria que pertenece al filo Proteobacteria, es un bacilo que se clasifica como Gram negativo, similar al aislado en este trabajo pero, se deberá confirmar con estudios posteriores. Otra bacteria que podría estar relacionada al aislado pertenece al género *Corynebacterium*. Esta bacteria con morfología microcópica de “letras chinas” se aísla frecuentemente de ambientes archivísticos (48).

Finalmente, es de nuestro conocimiento que este reporte es una contribución a diversas áreas (ciencias forenses, archivística y ciencias biológicas) en un caso insuficientemente difundido, como el biodeterioro. Por tal motivo, se concluye con varios aspectos que fueron determinados en el trabajo presentado. Primeramente, se caracterizó el material documental DOC-101 con biodeterioro de nivel abundante. Asimismo, se obtuvieron tres posibles agentes biológicos que pueden estar implicados en el biodeterioro del documento: 1) hongo filamentoso del género *Aspergillus* sp.; 2) bacteria Gram variable; 3) insecto bibliófago conocido con el nombre común de pececillo de plata (*L. saccharina*).

Expresamente, cabe mencionar que el deterioro del patrimonio documental es un problema escasamente abordado y difundido en México. Las instituciones que atesoran acervos documentales, en específico archivos y bibliotecas, deben de concientizarse en la implementación de medidas eficientes para el control biológico, por ejemplo, protocolos de resguardo, cuarentena y tratamiento del material documental afectado por microorganismos. Y actualmente, considerando la pandemia provocada por el SARS-CoV-2, es indispensable aplicar las disposiciones de seguridad pertinentes en posibles casos extremos por contingencias de salud pública, durante su manipulación por operarios y usuarios del inmueble.

Un proyecto de este nivel donde se determine un posible agente causal protagonista del biodeterioro, en presencia de tres distintos organismos como en esta investigación, es todo un reto. La suma de diversos requerimientos como infraestructura, recursos, y enfáticamente, conocimientos y aportes multidisciplinarios de diversas áreas como en el caso de la microbiología y entomología, nunca serán suficientes. Adicionalmente, la contribución de investigaciones innovadoras que enriquezcan este campo de oportunidad, las ciencias forenses, abren la posibilidad de garantizar condiciones de objetividad y calidad para las entidades dedicadas al resguardo y conservación del patrimonio documental, brindando mayor validez científica y perpetuidad de los bienes culturales.

Agradecimiento

Agradecemos a la Secretaría de Investigación y Posgrado de la ENCB-IPN, así como, al CECyT No. 6 MOM del IPN. Adrián Ramírez Granillo es becario COFAA y SNI/CONACYT México. Aída Verónica Rodríguez-Tovar es becaria EDI, COFAA y SNI/CONACYT México. Sofía Pamela Róque Bermúdez es becaria CONACYT. Santos Ocampo Brenda Nallely es becaria BEIFI. Parte de este trabajo fue apoyado por los proyectos SIP-IPN: SIP20195841, SIP20195630, SIP2020172, SIP20210200, SIP20220564, SIP20221965. Los autores desean agradecer al Archivo General de la Nación por apoyar y proporcionar las muestras para este proyecto. También agradecemos al Director General del AGN Dr. Carlos Enrique Ruiz Abreu y a la Directora de Preservación del Patrimonio Documental M. en C. Mariana B. Gayosso Martínez por su apoyo. Asimismo, agradecemos a los alumnos de la carrera de Q.B.P. de la ENCB-IPN que participaron en las actividades de vinculación del proyecto.

Bibliografía

1. Archivo General de la Nación. (2020). Estatuto Orgánico del Archivo General de la Nación.
2. Guiamet P, Borrego S, Lavin P, Perdomo I, de Saravia SG. Biofouling and biodeterioration in materials stored at the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentine and at the National Archive of the Republic of Cuba. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2011 Jul;85(2):229-34. doi: 10.1016/j.colsurfb.2011.02.031. Epub 2011 Mar 2. PMID: 21439796.
3. Vaillant Callol M. Biodeterioro del patrimonio histórico documental: alternativas para su erradicación y control [Libro electrónico]. 1a ed. Albagli Neto B, editor. Río de Janeiro: Museo de Astronomía y Ciencias Afines-Casa de la Fundación Rui Barbosa; 2013.
4. Rodríguez Bravo B. Revisión de las clasificaciones documentales basadas en el soporte. *Revista española de Documentación Científica*. 2002 Mar;25(1).
5. Programa Cytel. Biodeterioro de monumentos de Iberoamérica. Sáiz-Jiménez C, Videla HA, editores. Sevilla: Rtxv-E, Cyted; 2002.
6. Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales. Prevención del biodeterioro en archivos y bibliotecas. *Revista del Instituto del Patrimonio Histórico Español* 2005;(5):1-48.
7. Borrego-Alonso S. Los biocidas vegetales en el control del biodeterioro del patrimonio documental. *Perspectivas e impacto. Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2015 Sep-Dic;46(3):259-69.
8. Valentín Rodrigo N. Biodeterioro de los bienes culturales: Materiales orgánicos. La ciencia y el arte: ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico. 2008;1:265-320.
9. Rojas Lázaro CJ. Problemática del deterioro de las publicaciones periódicas en la Sala Hemeroteca "José Antonio Miró Quesada" de la Biblioteca Nacional del Perú, periodo 1996-1997. En: *Informe Académico Profesional (Lic)*. Lima: Universidad Mayor de San Marcos; 1998. p. 35.
10. Giraldo Vásquez LE, Castañeda Correa ML, Sánchez Correa LG, Duque RC, Durango Zuleta MM, Correa E, Gómez Giovan F. Bacterias y hongos en el ambiente y sobre la superficie de documentos de un archivo forense colombiano. *Memorias Forenses*. 2020 Ago;(4).
11. Pérez Matos NE, Remigio Montero MC. Archivología, bibliografía, bibliotecología y ciencias de la información: ¿todas para una o una para todas?. *ACIMED*. 2007 Feb;15(2).
12. Diario Oficial de la Nación. Programa Institucional 2020-2024 del Archivo General de la Nación. 2020.
13. Abrams E. *Microbiological deterioration of organic materials: its prevention and method of test*. 1a ed. Washington: U.S. Government Printing Office; 1948.
14. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. *Introducción a la Micología general y médica. Guía Práctica de Laboratorio de Micología General y Médica*. Ciudad de México: Academia de Micología Médica. Instituto Politécnico Nacional; 2018.
15. Pasqualotto AC. *Aspergillosis: from diagnosis to prevention*. 1a ed. Dordrecht: Springer, Cop; 2010. doi: 10.1007/978-90-481-2408-4.
16. Bonifaz TA. *Micología médica básica*. 5a ed. México: McGraw Hill; 2020.
17. Walsh TJ, Hayden RT, Larone DH. *Larone's Medically Important Fungi: A Guide to Identification*, 6a ed. Washington: Asm Press; 2018. doi:10.1128/9781555819880.
18. Arenas Guzmán R, Torres Guerrero E. *Micología médica ilustrada* 6a ed. Ciudad De México: McGraw Hill; 2019.
19. Identificación de biodeterioro causado por ataque fúngico en documentos históricos del AGN. www.youtube.com.
20. Archivo General de la Nación. El Instituto Politécnico Nacional asesora al #AGNMex para contrarrestar el desarrollo de hongos en los documentos históricos. 2019.
21. Piñar G, Tafer H, Sterflinger K, Pinzari F. Amid the possible causes of a very famous foxing: molecular and microscopic insight into Leonardo da Vinci's self-portrait. *Environ Microbiol Rep*. 2015 Dec;7(6):849-59. doi: 10.1111/1758-2229.12313. Epub 2015 Aug 19. PMID: 26111623; PMCID: PMC4959533.
22. Borrego S, Molina A, Santana AC. Fungi in Archive Repositories Environments and the Deterioration of the Graphics Documents. *EC Microbiology*. 2017 Sep; 205-226.
23. Mallo AC, Nitiu DS, Eliades LA, Saparrat MCN. Deterioro de material celulósico de interés patrimonial por la actividad de hongos ambientales: estado del arte. sedici.unlp.edu.ar. 2017.
24. Archivo General de la Nación. *Atlas para la identificación de deterioros en documentos textuales*. Ciudad de México: Gobierno de México; 2021.
25. Molina Veloso A, Borrego AS. Aerobiología y biodeterioro del género aspergillus link en depósitos de tres instituciones patrimoniales cubanas. *Bol. Micol*. 2016;31(1).
26. Peña G, Flórez C, Peña D, Martínez MM, Rojas J, Zambrano S, et al. Seguimiento y control de biodeterioro

- microbiológico en documentos de interés histórico en el Archivo General de la Nación. *Universitas Scientiarum*. 2004;9(1):37-46.
27. El Bergadi F, Laachari F, Elabed S, Mohammed IH, Ibsouda SK. Cellulolytic potential and filter paper activity of fungi isolated from ancient manuscripts from the Medina of Fez. *Ann Microbiol*. 2014 Oct;64(2):815-22. doi: 10.1007/s13213-013-0718-6.
 28. Coronado-Ruiz C, Avendaño R, Escudero-Leyva E, Conejo-Barboza G, Chaverri P, Chavarría M. Two new cellulolytic fungal species isolated from a 19th-century art collection. *Sci Rep*. 2018 May;8(1):7492. doi: 10.1038/s41598-018-24934-7. PMID: 29748544; PMCID: PMC5945893.
 29. Medina Ávila A. Los hongos mitosporicos como agentes de biodeterioro en tres acervos documentales del INAH [Internet]. *Mediateca-Instituto Nacional de Antropología e Historia*. 2020 Ene-Abr;20:86-94.
 30. Pérez J, Muñoz-Dorado J, de la Rubia T, Martínez J. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int Microbiol*. 2002 Jun;5(2):53-63. doi: 10.1007/s10123-002-0062-3. PMID: 12180781.
 31. Rabinovich ML, Melnick MS, Bolobova AV. The structure and mechanism of action of cellulolytic enzymes. *Biochemistry (Mosc)*. 2002 Aug;67(8):850-71. doi: 10.1023/a:1019958419032. PMID: 12223085.
 32. Cappitelli F, Sorlini C. From papyrus to compact disc: the microbial deterioration of documentary heritage. *Crit Rev Microbiol*. 2005;31(1):1-10. doi: 10.1080/10408410490884766. PMID: 15839400.
 33. Molina Veloso A, Valdés Pérez O, Borrego Alonso SF, Pérez Morenza D, Castro M. Diagnóstico micológico ambiental en la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial dirigido a la conservación documental y la salud del personal. *NACC [Internet]*. 2014 Dic;21.
 34. Kalwasińska A, Burkowska A, Wilk I. Microbial air contamination in indoor environment of a university library. *Ann Agric Environ Med*. 2012;19(1):25-9. PMID: 22462441.
 35. Pacheco Hernández M de L, Reséndiz Martínez JF, Arriola Padilla VJ. Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Rev mex de cienc. forestales*. 2019 Nov;10(56). doi:10.29298/rmcf.v10i56.496.
 36. Gálvez-Esteban R. ¿Quién es quién? Directrices de uso de una clave dicotómica para la identificación de artrópodos en educación primaria. *Didácticas Específicas*. 2021;(24):75-89.
 37. Ribera I, Melic A, Torralba A. Introducción y guía visual de los artrópodos. *Revista IDE@-SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa*. 2015;2:1-30.
 38. Astorga A. Centenares de insectos y microorganismos ponen en peligro el patrimonio de los 30.000 archivos y bibliotecas de España. *abc*. 2003.
 39. Cruz García L. El biodeterioro de documentos. *Alternativas para el control de plagas*. 2015
 40. Bolívar Galiano FC. Los agentes de biodeterioro del patrimonio pictórico, textil y gráfico. *Revista PH*. 1995 Sep;(12):50.
 41. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. *Microbiología Práctica. Morfología colonial y obtención de cultivos puros*. Ciudad de México: Academia de Microbiología. Instituto Politécnico Nacional; 2018.
 42. Pyzik A, Ciuchcinski K, Dziurzynski M, Dziewit L. The Bad and the Good-Microorganisms in Cultural Heritage Environments-An Update on Biodeterioration and Biotreatment Approaches. *Materials (Basel)*. 2021 Jan;14(1):177. doi: 10.3390/ma14010177. PMID: 33401448; PMCID: PMC7795576.
 43. Pellizzari J, Guillermina-Couso M, Rossi Batiz M, Mariani R. Intervención sobre la documentación histórica de la colección arqueológica Benjamín Muniz Barreto del Museo de La Plata, Argentina. *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos*. 2021;6(2):24-37.
 44. Salamanca L. Los insectos y la conservación de archivos en soporte papel: memoria histórica. *Revista Con^oTacto*. 2018 Oct; Boletín No. 12.
 45. Ramírez Muñoz SJ. Biodeterioro y control de plagas en archivos y acervos documentales. *Legajos*. 2012;7(13).
 46. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. *Manual de Laboratorio de Microbiología*. Ciudad de México: Academia de Microbiología General. ENCB-IPN. Instituto Politécnico Nacional; 2016.
 47. Aak A, Rukke BA, Ottesen PS, Hage M. Long-tailed Silverfish (*Ctenolepisma longicaudata*) – Biology and Control. Oslo: Norwegian Institute of Public Health; 2019. www.fhi.no.
 48. Kraková L, Chovanová K., Selim SA, Šimonovičová A, Puškarová A, Maková A, Pangallo D. A multiphasic approach for investigation of the microbial diversity and its biodegradative abilities in historical paper and parchment documents. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2012;70:117-125. doi: 10.1016/j.ibiod.2012.01.011.

Identificación de microorganismos patógenos, aislados de moscas de importancia forense, utilizando pruebas bioquímicas, en el noreste de México

Alejandra González Bonilla¹, Laura Yanneth Ramírez Quintanilla¹, María Ludivina De Los Reyes Martínez¹, Ignacio Hernández Rodríguez¹, Israel Estrada Camacho¹ ✉

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas, calle 16 y lago de Chapala, col. Aztlán, Cd. Reynosa, Tamaulipas, México.

✉ iecamacho@docentes.uat.edu.mx

Datos del artículo

Cita: González Bonilla Alejandra, Ramírez Quintanilla Laura Yanneth, DeLosReyesMartínezMaríaLudivina, Hernández Rodríguez Ignacio, Estrada Camacho Israel. 2023. Identificación de microorganismos patógenos, aislados de moscas de importancia forense, utilizando pruebas bioquímicas, en el noreste de México. *Revista Digital de Ciencia Forense*. 2(2) Especial: 16-22 pp.

Editor: Carlos Pedraza Lara.

Recibido: 8 octubre 2022.

Aceptado: 22 febrero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Las moscas comunes y de importancia forense viven de manera constante en contacto con el hombre, a estos dípteros podemos observarles en nuestra propia casa; sin embargo, pueden representar un riesgo para la salud, debido a los lugares que visitan. En el presente trabajo, se identificaron microorganismos patógenos en moscas de interés en el área forense a través de pruebas bioquímicas convencionales. Se colocaron 280 g de carne de cerdo como cebo para la captura de moscas en estadio adulto, el aislamiento se realizó sobre tres agares distintos, (MacConckey, Müller Hinton y Agar Nutritivo) previamente preparados, haciendo que las moscas caminaran sobre placas Petri. Una vez desarrolladas las colonias se seleccionaron y se inocularon en los medios LIA, SIM, KIA, MIO y O/F, cultivándolos durante 24 horas a temperaturas de 35° a 37°C. Se usaron 78 especímenes del orden Díptera y se identificaron cinco especies y dos géneros de bacterias pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae. El conocimiento de la carga microbiana que logran portar y aportar al hombre, constituye parte de su relevancia en el área forense cuando han tenido contacto directo con materia putrefacta.

Palabras clave: entomología, dípteros, microorganismos patógenos, bioquímica.

Abstract

The common and forensically important flies live constantly in contact with man, as evident from their presence in our own home; however, they can represent a risk to our health, due to the places they visit. In the present work, pathogenic microorganisms were identified in flies of forensic relevance through conventional biochemical tests. 280 g of pork meat were placed as bait for the capture of adult flies, the isolation was carried out on three different agars (MacConckey, Müller Hinton and Nutrient Agar) previously prepared, making the flies walk on Petri dishes. Once developed, the colonies were selected and inoculated in LIA, SIM, KIA, MIO and O/F media and let grow for 24 hours at 35° to 37°C. A total of 78 specimens of Diptera were included, while five species and two genera of bacteria belonging to the family Enterobacteriaceae, were identified. The knowledge of the microbial load that flies carry and transmit to man, contributes to their relevance in the forensic area when they have had direct contact with putrefied matter.

Keywords: entomology, diptera, pathogenic microorganisms, biochemical.

Introducción

De acuerdo con Hall (1), la Entomología Forense es la interacción que existe entre el estudio de los insectos y el sistema judicial, dándose cuando los propios insectos o sus nichos ecológicos puedan ser de utilidad como evidencia. Mientras que, la entomología médica es una de las disciplinas que estudia a los insectos y artrópodos que afectan directa o indirectamente la salud humana, por lo que involucra aspectos de la salud pública (2).

Cuando una persona muere, su cuerpo se involucra en cambios y transformaciones fisicoquímicas, que conlleva a la presencia de comunidades de organismos necrófagos, necrófilos, omnívoros y accidentales que se asocian a los procesos de descomposición del cadáver (3). De la fauna que se puede encontrar en un cuerpo en descomposición, los artrópodos suelen ser los más abundantes, siendo el orden Diptera el grupo mejor representado, ya que destaca por su gran diversidad con más de 86, 000 especies conocidas a nivel mundial, de las cuales 16,000 de estas especies están presentes en América del Norte. Las moscas suelen ser encontradas en cualquier hábitat terrestre, incluso se ha reportado su recolección sobre el mar, a millas de distancia de la tierra (4).

Los dípteros son insectos que presentan metamorfosis holometábola que incluye cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. La mayoría de los dípteros carroñeros se alimentan y procesan la materia animal en descomposición presente en el medio, siendo las familias mejor representadas Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae (4).

Los dípteros, al igual que los insectos y otros organismos, son capaces de sobrevivir dentro de ciertos límites marcados por factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa o el fotoperiodo. Dentro de cierto rango, estos factores influyen a su vez sobre actividades tales como la alimentación, la dispersión, la puesta o el desarrollo. De todos los factores ambientales, el que ejerce un efecto mayor sobre el desarrollo de los insectos es la temperatura, debido principalmente a su importante incidencia sobre los procesos bioquímicos, al ser organismos poiquiloterms, es decir, “de sangre fría” (5).

La presencia de moscas en zonas próximas a núcleos humanos representa un riesgo importante en el ámbito sanitario y ambiental. Las enfermedades que destacan por transmisión de moscas a las personas y animales domésticos son las intestinales e infecciones oculares, entre otras (6). Así las moscas pueden fungir como vectores, entendiéndose como vector aquellos organismos vivos que pueden transmitir patógenos infecciosos entre personas o de animales a personas.

Por lo anterior, en el presente estudio se investigó la presencia de microorganismos patógenos en moscas de interés forense, las cuales han tenido contacto directo con cebos en putrefacción.

Material y Método

Lugar de estudio

La presente investigación fue realizada en el campo experimental de la Universidad Autónoma de Tamaulipas-Unidad Aztlán, en las coordenadas geográficas (26°3'45.49" N y 98°19'17.84" O) en la Cd. de Reynosa, Tamaulipas, México, en el verano de 2019.

Sustrato

Se utilizaron 280 g de músculo de carne de cerdo, expuesta al ambiente sobre un recipiente de poliestireno. El cebo fue dispuesto en jaulas de metal, con la finalidad de evitar cualquier perturbación por agentes externos.

Colecta y determinación de dípteros

Entre el tercer y cuarto día de exposición se recolectaron moscas, excluyendo a los individuos que se encontraron muertos al momento de la recolección. Se colocaron inmediatamente en tubos Eppendorf de 5 ml de manera grupal para ser trasladados a contenedores. Usando tubos cónicos cortados en su extremo para su transporte, cada mosca fue colocada individualmente en una caja Petri. Una vez ahí, se le dejó caminar y explorar el medio por un tiempo de entre 5 a 7 minutos. Concluida la auto siembra, las moscas fueron reincorporadas a los contenedores, los ejemplares fueron conservados en alcohol etílico al 70% para su posterior identificación con base en las claves taxonómicas de Withworth y Buenaventura (7,8).

Análisis Microbiológico

Para el cultivo bacteriológico se emplearon tres medios de cultivo MacConkey, Müller Hinton y Nutritivo, se vaciaron en placas Petri previamente esterilizadas.

Los medios de cultivo auto sembrados por las moscas capturadas fueron incubados aeróbicamente en incubadora Riossa a una temperatura de 35° a 37°C por 24 horas. Las colonias desarrolladas fueron identificadas siguiendo la metodología bacteriológica convencional (9).

Análisis Bioquímico

Después de haber seleccionado las colonias en los agares, se procedió a la inoculación en pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias presentes.

Agar LIA. Se tomó una asada de la colonia seleccionada en la que se sembró y se inoculó por picadura y estría en superficie.

Agar SIM. Se tomó una asada de la colonia seleccionada y se inoculó por picadura en punción vertical. Los cultivos que indican movilidad bacteriana tienen una apariencia turbia, aquellos sin turbidez del medio indican que la bacteria es inmóvil.

Agar KIA, Agar MIO y Agar O/F. Una vez seleccionada la colonia, se tomó una asada y se inoculó por picadura en punción vertical y estriado en superficie

Análisis estadístico

Se utilizó el programa computacional Microsoft Excel® versión 2010, para realizar un análisis descriptivo de presencia de microorganismos.

Resultados y discusión

En este estudio, se identificaron un total de 78 especímenes del orden Díptera, pertenecientes a dos géneros, con una abundancia relativa de 0.551 para *Sarcophaga* y 0.448 para *Chrysomya* (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia relativa para géneros *Sarcophaga* y *Chrysomya*.

Género	Abundancia absoluta	Abundancia relativa
<i>Sarcophaga</i>	43	0.551
<i>Chrysomya</i>	35	0.448

Análisis Bioquímico

Medio LIA. Se obtuvieron dos tubos con ausencia de desaminación, negativos para ácido sulfhídrico (H₂S) y gas ausente, revelando bacterias pertenecientes al género *Shigella*. Un tercer tubo presentó desaminación, pero con ausencia de gas y ácido sulfhídrico (H₂S) confirmando la presencia de *Proteus rettgeri*.

Medio SIM. Los tubos indicaron la presencia de tiosulfato sódico, dos de ellos positivos para movilidad y ácido sulfhídrico (H₂S) con presencia de gas, a partir de estas características, se identificó a *Proteus vulgaris*, *Citrobacter sp.* y *Escherichia coli* por la ausencia de ácido sulfhídrico (H₂S) y ausencia de movilidad.

Medio KIA. A través de este medio, se observó la producción de ácido de lactosa y glucosa en todos los tubos y con presencia de gas, de los cuales dos no produjeron ácido sulfhídrico (H₂S) tratándose de *Escherichia coli* para ambos tubos. Mientras tanto el tercer tubo presentó producción de ácido sulfhídrico (H₂S), característica de *Proteus sp.*

Medio MIO. Los resultados indicaron la presencia de tiosulfato sódico, ácido sulfhídrico (H₂S) negativo, ornitina y ausencia o presencia de movilidad. Se identificaron tres géneros bacterianos *Shigella*, *Klebsiella* (específicamente *K. pneumoniae*) y *Enterobacter*.

Medio O/F. En todos los tubos hubo reacción, revelando la fermentación y oxidación de bacterias, además

Prevalencia de microorganismos patógenos

Se identificaron cinco especies y dos géneros de bacterias pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, de las moscas de interés forense. Las formas en que estos dípteros pueden transmitir bacterias patógenas son: a) a través de su superficie corporal; b) por regurgitación de comida contaminada y c) por defecación de patógenos, esta última siendo la más importante vía, a causa del efecto protector que le brinda el interior de su organismo al patógeno presente (10).

De las especies de enterobacterias identificadas; la mayoría corresponden a *Escherichia coli* (31%) y *Shigella* spp. (23%), *Proteus vulgaris* (15%), y en menor número, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter* sp., y *Providencia rettgeri* (8% para cada género) y finalmente *Enterobacter aerogenes* (7%). Estos resultados son similares a los reportados en un estudio en Uturo, Nigeria, en que se reporta la presencia de *Shigella* en un (100%) y *Salmonella* (61.7%) (11), lo cual sugiere que estas bacterias pueden ser dispersadas a través de dípteros, convirtiéndolos en vector de enfermedades.

Las moscas de importancia forense cumplen un papel como agentes de transmisión de microorganismos patógenos, aunque es complejo comprobar la transmisión a partir de cuerpos en descomposición (12). Sin embargo, en la presente investigación fue posible demostrar que las moscas de interés forense después de que se posan en un cebo en descomposición portan una carga microbiana importante.

Por otro lado, un estudio realizado en Lima y Callao, Perú (6), también se confirma el aislamiento de patógenos en *Musca* doméstica, donde encontraron la presencia de cuatro tipos de enteropatógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella flexneri*, y *Yersinia enterocolitica*. Dicho estudio demostró el papel de las moscas como un vector mecánico con gran potencial en la transmisión de bacterias enteropatógenas. En México, de *Musca domestica*, existen otros grupos de dípteros que son consideradas como un vector potencial de enfermedades (13). Lo anterior fue corroborado en este estudio, ya que fue posible aislar enterobacterias en dos géneros diferentes de dípteros de interés forense (*Sarcophaga* y *Chrysomya*) (Tabla. 2).

Tabla 2. Clasificación con base a las claves taxonómicas Whitworth (7) y Buenaventura et al., (8).

Orden	Familia	Género
	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga</i>
Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomya</i>

Conclusiones

El presente estudio logró demostrar la presencia de enterobacterias como *Escherichia coli*, *Shigella* spp., *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter*, *Enterobacter aerogenes* y *Providencia rettger* en moscas de interés forense.

Se determinó que *Escherichia coli*, y *Shigella* spp., fueron las especies de enterobacterias más frecuentes en los dípteros de interés forense, con un 31% y 23 % respectivamente del total de la muestra.

Finalmente, se observó que los dípteros de importancia forense aportan una carga microbiológica importante, especialmente cuando han tenido contacto directo con materia putrefacta.

Bibliografía

1. Hall, R. D. (2008). Forensic Entomology. En J. L. Capinera, Encyclopedia of Entomology (2nd ed., págs. 1518-1519). Florida.
2. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud (2017) Lineamientos para la vigilancia entomológica. Secretaría de Salud.
3. Smith K. A manual of forensic entomology. The trustees of the British Museum (Natural history) and Cornell University Press. First Published. New York. 1986. 205p.
4. Byrd, J. H., & Castner, J. L. (2010). Insects of forensic importance. En J. H. Byrd, & J. L. Castner, Forensic Entomology: the utility of arthropods in legal investigations (Vol. 1). CRC Press Taylor & Francis Group.
5. Wagner, T. L., Wu, H.-I., Sharpe, P. J., Schoolfield, R. M., & Coulson, R. N. (1984). Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Annals of the Entomological Society of America*, 208-225
6. Béjar, V., Chumpitaz, J., Pareja, E., Valencia, E., Huamán, A., Sevilla, C., . . . Saez, G. (2006). *Musca domestica* como vector mecánico de bacterias enteropatógenas en mercados y basurales. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 23 (1), 39-43.
7. Whitworth, T. (2006). Key and species of blow flies (Díptera Calliphoridae) of America North of Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 108, 689-725.
8. Buenaventura R., E., Camacho C., G., García García, A., & Wolff E., M. (2009). Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en Colombia: claves taxonómicas, notas sobre su biología y distribución. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 189-196.
9. Koneman, E. W., Janda, W. M., Allen, S. D., & Winn, W. C. (2001). *Diagnóstico Microbiológico* (5ta ed.). Panamericana.
10. Sasaki, T., Kobayashi, M., & Agui, N. (01 de Noviembre de 2000). Epidemiological Potential of Excretion and Regurgitation by *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) in the Dissemination of *Escherichia coli* O157: H7 to Food. *Journal of Medical Entomology*, 37(6), 945-949.
11. Ugbogu, O. C., Nwachukwu, N. C., & Ogbuagu, U. N. (02 de Junio de 2006). Isolation of *Salmonella* and *Shigella* species from house flies (*Musca domestica* L.) in Uтуру, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 5(11), 1090-1091.
12. Rahuma N, Ghenghesh KS, Ben Aissa R, Elamaari A. Carriage by the housefly (*Musca domestica*) of multiple-antibiotic-resistant bacteria that are potentially pathogenic to humans, in hospital and other urban environments in Misurata, Libya. *Ann Trop Med Parasitol*. 2005 Dec;99(8):795-802. doi: 10.1179/136485905X65134. PMID: 16297293.
13. Manrique-Saide, P. C., & Delfin-González, H. (1997). Importancia de las moscas como vectores potenciales de enfermedades diarreicas en humanos. *Revista Biomédica*, 8(3), 163-170.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

La colección de artrópodos de interés forense, Universidad Nacional Autónoma de México

Carlos Pedraza-Lara¹ ✉¹ Laboratorio de Entomología Forense, Escuela Nacional de Ciencias Forenses, Universidad Nacional Autónoma de México.

✉ pedraza@enacif.unam.mx

Datos del artículo

Cita: Pedraza-Lara Carlos. 2023. La Colección de Artrópodos de Interés Forense, Universidad Nacional Autónoma de México. 2(2) Especial: 23-35 pp.

Editor: José Luis Navarrete-Heredia

Recibido: 28 octubre 2022.

Aceptado: 07 febrero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Se presenta la Colección de Artrópodos de Interés Forense (CAIF) de la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual se ha establecido para impulsar la generación de catálogos de tales grupos biológicos, su estudio taxonómico y el desarrollo de herramientas útiles para la determinación de sus especies, lo que es fundamental para que su aplicación forense sea fiable. Se exponen sus orígenes, estructura, objetivos y finalidades y se explica el protocolo establecido para su funcionamiento, que incluye etapas de registro digital de cada espécimen, con el que se procura extraer la mayor información posible y en el que se asocia la colección de especímenes con colecciones de tejidos y de DNA. Se trata de una iniciativa única, que tiene el objetivo de representar la biodiversidad de esta fauna a nivel nacional, como parte de las misiones de una colección biológica científica. De cara al Sistema Penal Acusatorio, la CAIF pretende ser una herramienta para la entomología forense, de forma que se cuente con estándares rigurosos para la determinación taxonómica, paso fundamental para la validación bajo criterios científicos de las pruebas entomológicas. La idea detrás de su funcionamiento es que en la medida en que el conocimiento taxonómico y de distribución de la fauna de artrópodos de relevancia forense se fortalezca y los procedimientos cuenten con la validación científica correspondiente, la disciplina ampliará su aplicabilidad en el país, y además, se asegurará el valor probatorio de las pruebas entomológicas para el futuro.

Palabras clave: colección biológica, entomología forense, taxonomía, determinación.

Abstract

The Arthropod Collection of Forensic Reference (CAIF) is presented, explaining its motivations, objectives and purposes. In the same way, the mechanism of its operation is explained. It is a unique initiative, which has the objective of representing the biodiversity of this fauna at a national level, as inherent to any scientific biological collection. In congruence with the Accusatory Penal System, the CAIF intends to be a tool for forensic entomology, so that it provide rigorous standards for the tasks of taxonomic determination and validation under scientific criteria, to be used in expert reports and other evidence. The idea behind its operation is that the extent to which the knowledge of the endemic component of the arthropod fauna of forensic relevance is strengthened and the determination procedures have the corresponding scientific validation, the discipline will expand its applicability in the country, and furthermore, the probative value of entomological evidence will be ensured for the future.

Keywords: biological collection, forensic entomology, taxonomy, species identification.

Consideraciones iniciales

Proveniente del latín *acervus*, un acervo refiere a un conjunto de bienes comunes a numerosos individuos. Un término equivalente es el de colección, definida como un conjunto ordenado de cosas, por lo general de la misma clase y reunidas por su especial interés o valor. La producción de acervos se identifica con el pensamiento humanista, en cuanto éste valora positivamente la capacidad de adquirir conocimiento de los individuos y en el que se postula que la ciencia y la libre indagación ayudarán a comprender cada vez más lo que nos rodea (1). Por lo general, poco se pone en duda la utilidad de los acervos públicos para la sociedad (tales como las bibliotecas), como centros de acceso al conocimiento, de identidad colectiva, así como espacios de integración de la diversidad y la promoción de bienes culturales. Incluso sin contar en ocasiones con un espacio físico, las bibliotecas y los acervos en general juegan un rol fundamental en las sociedades actuales, al menos en las que basan su desarrollo en el avance del conocimiento. Con estos mismos preceptos y derivaciones, existen los acervos o colecciones biológicas, que son las organizaciones encargadas de documentar, acopiar, conservar y compartir el conocimiento biológico de una región, país o grupo biológico (2). Al igual que con las bibliotecas y otros ejemplos, tales acervos son de interés general porque forman parte del patrimonio de la humanidad.

De la naturaleza de las colecciones

La tarea de hacer colecciones es mucho más trascendente que la de únicamente recopilar una serie de ítems y almacenarlos en un lugar determinado. Tal actividad tiene implícitas dos de las ideas fundamentales del humanismo: la universalidad y el avance del conocimiento. Es decir, producto de la primera, se tiene el compromiso de compartir la información contenida, porque si bien, su custodia, gestión y administración puede estar a cargo de una institución en concreto, el conocimiento contenido en ella es universal y todo individuo interesado tiene derecho a acceder a ella, tanto en el presente como en el futuro. Por supuesto, esto no exime de que exista una normatividad que regule su funcionamiento, con el objetivo principal de preservar para la posteridad tal. El segundo de los fundamentos es el avance del conocimiento con base en el razonamiento. En contraposición al pensamiento dogmático, fundamentado en buena medida en la preexistencia del conocimiento y en el que la actividad de los individuos corresponde con la asimilación y (en ocasiones) la comprensión de principios de naturaleza inmutable previamente establecidos, el pensamiento humanista postula que el ser humano tiene la capacidad de adquirir conocimiento por sí mismo con base en las capacidades críticas de su razonamiento, y que de hecho, tal conocimiento puede avanzar en el tiempo, de forma que se va construyendo un cuerpo de conocimientos (o paradigma), más que por acumulación, por el entendimiento más completo de los sucesos.

En este aspecto, si bien una colección es en sí misma un conjunto de ítems relacionados, su crecimiento es una consecuencia de su actividad. Además, el contar con el material o la información en un mismo sitio facilita la generación de conocimiento nuevo, previamente inexistente, de forma que procura no solo el acopio per se, sino que en la medida en que mantiene el dinamismo, propicia su crecimiento y aumenta su relevancia.

Las colecciones biológicas

Una colección biológica es un espacio que concentra la representación de un grupo biológico en una localización centralizada. Se trata de importantes centros donde se acopian y organizan los datos de la diversidad biológica. Las colecciones biológicas tienen una gran relevancia para la generación, preservación y avance del conocimiento (3). Son centros de referencia e información, factores determinantes como parte del diagnóstico y propuesta de posibles soluciones a los más grandes retos de la sociedad humana actual, entre los que se encuentran: el cambio climático, la intensificación agrícola, la propagación de enfermedades humanas y animales, el papel de las especies en los servicios ecosistémicos y el manejo de plagas de cultivos y bosques (4,5), así como por supuesto, el uso de los artrópodos en situaciones legales. Algunas razones para ejemplificar su importancia se hacen evidentes a la luz de la llamada “crisis de la biodiversidad”, consistente en la extinción masiva de especies debida a perturbaciones antropogénicas (6,7). De hecho, el conocimiento mismo de la existencia de tal crisis ha sido revelado por la información contenida ya en las colecciones (8). Se tienen registros de que a nivel mundial, las colecciones biológicas albergan varios miles de millones de especímenes. (9). Esto no significa, sin embargo, que toda la diversidad del mundo esté representada en colecciones, ya que aún falta por describir la mayoría de las especies, existen estimaciones que proyectan el número de especies a más de los 10 millones, por lo que probablemente solo haya sido descrito alrededor de un diez por ciento de la diversidad real de especies (9).

Algunos de los objetivos de las colecciones biológicas en general incluyen: a) aportar material identificado apropiadamente; b) aportar material para investigación (científica y pericial) en campos como la taxonomía, estudios moleculares, genéticos, de cambio climático, etc.; c) aportar datos de variabilidad de las especies (morfológica, genética); d) aportar datos ecológicos (condiciones de localidades); e) servir como referencia por comparación (asegurar la reproducibilidad) y f) aportar registros de la distribución de las especies (en el tiempo y el espacio).

Las colecciones biológicas en México

Por ser un país megadiverso, México cuenta con una tradición importante en términos de elaboración y mantenimiento de colecciones. De acuerdo con el Catálogo Electrónico de Acrónimos e Instituciones (10), en México existen a la

fecha, 747 colecciones en 237 instituciones nacionales. Entre ellas, se incluyen colecciones entomológicas de gran historia e importancia biológica. Algunas colecciones entomológicas notables en términos del número de especímenes que incluyen son: la Colección Nacional de Insectos, albergada en el Instituto de Biología, de la UNAM (IB-UNAM), la Colección de Lepidópteros de la Facultad de Ciencias de la UNAM, La Colección Entomológica del Instituto de Ecología, A. C., la Colección de Artrópodos con importancia médica (CAIM), del Instituto Nacional de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos, la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad Autónoma de Guadalajara, entre otras. Especialmente, el interesado en la entomología de nuestro país, puede referirse a muchas instituciones y universidades estatales que cuentan con colecciones entomológicas notables, ya que muchas de ellas constituyen acervos insustituibles de ciertos grupos o de la fauna local.

En México, existen algunas colecciones entomológicas que han puesto énfasis en los grupos de interés forense. Al no ser el objetivo de este texto, pero por ser importante mencionar como muestra de la actividad en el tema, a continuación se dan algunos ejemplos, de colecciones que dedican parte de su acervo a grupos de importancia forense en el país. La Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología (CZUG), CUCBA, Universidad de Guadalajara, dirigida por el Dr. José Luis Navarrete, incluye un importante acervo con grupos de distintos órdenes de relevancia. La Colección de Referencia Entomológica del Laboratorio de Artrópodos y Entomología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León tiene un apartado de Entomología Forense, la Colección está a cargo del Dr. Humberto Quiroz Martínez (11). La Colección Entomológica de Referencia del Laboratorio de Entomología Forense de la CGSP-FGJ de la Ciudad de México, que cuenta con ejemplares de los órdenes Diptera y Coleoptera provenientes de colectas de investigaciones criminalísticas en la Ciudad de México. Incluye ejemplares preservados en seco, en líquido y larvas en preparaciones (12). La Colección Entomológica de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” alberga también un acervo importante de artrópodos de interés forestal, de productos almacenados y médico-legal, producto de la investigación activa en el tema en esa institución. La Colección Entomológica de Artropofauna cadavérica en la Maestría en Ciencias Forenses de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez tiene también un acervo reportado (13).

De hecho, algunas colecciones que deben considerarse son aquellas dedicadas a grupos de artrópodos no insectos como la Colección Nacional de Crustáceos o la Colección Nacional de Ácaros (ambas en el IB-UNAM), en las cuales se incluyen muchas especies que pueden llegar a ser de importancia forense en casos determinados.

Toda colección contiene, en esencia, material que puede ser usado como referencia para estudios posteriores sobre multitud de temas. Sin embargo, una colección de referencia implica que como parte de las directrices de su funcionamiento, se debe contemplar el uso que los usuarios pueden hacer

del material depositado. Es decir, una colección biológica de referencia observa dos directrices durante su funcionamiento: albergar una representación de la diversidad con el fin de funcionar como modelo de comparación y dirigir su actividad a ser un acervo útil para los interesados en su información.

La Colección de Artrópodos de Interés Forense (CAIF)

La Colección de Artrópodos de Interés Forense (CAIF) se alberga en la Escuela Nacional de Ciencias Forenses, Universidad Nacional Autónoma de México. El 7 de marzo de 2014, la Colección fue propuesta por el autor y finalmente establecida en noviembre de 2016, en el Laboratorio de Entomología Forense (LEF) de dicha Escuela (Figura 1). Si bien existe un número elevado de colecciones entomológicas en nuestro país y muchas de éstas tienen en su acervo algunos grupos de interés forense, a nuestro conocimiento, no existe otra colección en una entidad académica dedicada fundamentalmente a los grupos de importancia forense.

Con más de un millón de especies descritas, Arthropoda es el filo con mayor diversidad taxonómica y ecológica, y comprende más de la mitad de la diversidad de especies animales del mundo (14,15). Los artrópodos incluyen trilobites (Trilobitomorpha), quelicerados (subphylum Chelicerata), miriápodos (subphylum Myriapoda), crustáceos (subphylum Crustacea) e insectos (subphylum Hexapoda). Los insectos y los arácnidos son omnipresentes en ambientes no marinos y los crustáceos habitan la mayoría de los ambientes marinos. Los altos niveles de biodiversidad observados en México son igualmente excepcionales en cuanto a la fauna de artrópodos de relevancia forense (16, por ejemplo). Muchas son las familias de distintos órdenes que contienen especies o grupos enteros que han sido señalados como de importancia en otras regiones del mundo. Algunos estudios previos han hecho notar sin embargo, que esta diversidad está muy lejos de ser conocida en nuestro país (16). Por ejemplo, solo un catálogo se ha elaborado de una familia de interés forense en el país (Calliphoridae) (17). Esto es especialmente cierto para muchos grupos de dípteros o de ácaros, para los que escasamente se han citado algunas especies de interés, pero cuya diversidad en nuestro país está muy lejos de ser conocida. La CAIF emerge en este sentido, como un esfuerzo que busca impulsar la generación de catálogos de estos grupos, su estudio taxonómico y el desarrollo de herramientas útiles para la determinación de sus especies, ya que este proceso taxonómico es fundamental para que cualquier aplicación posterior sea fiable.

La CAIF se encuentra registrada ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales como colección científica, con clave DGVS-CC-331-CDMX-/22 y en el Sistema de Colecciones Biológicas Científicas de México de CONABIO. Los objetivos de la CAIF son: 1) albergar un acervo de la diversidad biológica, especialmente de grupos de artrópodos de interés forense; 2) proporcionar una herramienta útil para instancias del sistema de justicia e instituciones académicas, que facilite la identificación correcta y segura de

especies de artrópodos; 3) sustentar e incentivar la investigación en términos académicos y en aplicaciones forenses y 4) contribuir a la formación de personal especializado así como a la a la divulgación de la entomología forense.

De acuerdo los objetivos de ser una colección de referencia que pueda ser utilizada activamente por los usuarios interesados en su contenido, que favorezca el desarrollo de investigación aplicada al campo forense y que asegure la trazabilidad de la información, la CAIF se compone a su vez de tres tipos de acervos: 1) el acervo de organismos; 2) el acervo de bancos biológicos y 3) el acervo de bancos de datos. El phylum Arthropoda es el grupo biológico más diverso de la vida y tal diversidad tiene correspondencia en términos morfológicos y de historias de vida, de forma que la CAIF debe y preservar una gran diversidad de grupos, para cada uno de los cuales existen estándares distintos de preservación y determinación. El acervo de organismos se conforma por los especímenes en sí y se compone a su vez de tres colecciones, en función del tipo de preservación de los especímenes. La colección seca, que incluye a los especímenes preservados en seco, montados en alfileres entomológicos (incluyendo los montados en triángulo) y dispuestos en cajas entomológicas tipo Cornell. La colección húmeda, consistente en especímenes cuyo estándar de preservación es en etanol (órdenes de quelicerados, crustáceos, estadios larvales de Hexapoda sin montar). Y por último la colección de laminillas, que consiste en especímenes montados en portaobjetos y que se compone de aquellos grupos biológicos que, por su tamaño, deben ser preparados de esta forma para su preservación y determinación (órdenes de Acari, adultos de algunas familias de Diptera, estadios larvales de Diptera, entre otros) (Figura 1).

En vista de la riqueza del grupo biológico en cuestión y la crisis de biodiversidad, se ha planteado la necesidad de que las colecciones de invertebrados y en especial de artrópodos sigan dos recomendaciones clave para su funcionamiento: las colecciones deben aumentar significativamente tanto sus tenencias de especímenes como sus esfuerzos de digitalización. Estas medidas están encaminadas a potenciar los flujos de datos a nivel nacional y global, y estimular las aplicaciones e investigaciones posteriores (5). Lo anterior cobra aún más relevancia dado que se trata de una colección dedicada desde su concepción, a funcionar como referencia para la práctica forense. Al haber sido creada como una Colección de Referencia, se ha establecido un protocolo específico para su funcionamiento, que se describe más abajo.

La colección cuenta con un catálogo que sigue el estándar internacional Natural Collections Description (18,19), lo que conlleva el registro de una serie de campos como localidad, especificada en coordenadas y descripción, fecha de colecta, colector o colectores y determinación. El seguimiento de este estándar permite que la información generada en el catálogo pueda ser comparada con otras colecciones del mundo. Se tiene además el reglamento de la CAIF, que regula las actividades en cuanto al ingreso de nuevos registros, la recepción y tratamiento de muestras, las responsabilidades del curador y de toda persona que tenga acceso a la colección. Como se ha dicho, este protocolo es un tanto

particular entre colecciones entomológicas, ya que consiste en un procedimiento secuencial que consiste en los siguientes pasos:

1) Asignación de un código de colección o voucher a cada espécimen o lote. Dependiendo de la forma de preservación o del tipo de ejemplar (como los tipos), se define si se asigna dicho código a un espécimen o a un lote. Si el espécimen se preserva en alfiler entomológico, se asigna un código por espécimen, pero si se preserva en húmedo (etanol generalmente), se asigna un número de voucher al lote o frasco que contiene un conjunto de especímenes colectados a la vez y de una misma localidad. El código se conforma de las iniciales de la colección seguido por un consecutivo, éste se consulta en el catálogo de la colección. Se incluyen los datos de muestreo (localidad con GPS, altitud, fecha, colectores, método de muestreo, ambiente de origen).

2) Llenado del catálogo de la colección. Se completan los campos antes mencionados. Se debe llevar a cabo una asignación temporal, por lo menos hasta familia, del espécimen, esta asignación se revisa posteriormente por el curador, quien finalmente identifica los especímenes del catálogo. Debido a la amplitud de grupos biológicos cubiertos por la CAIF, sería imposible que un curador cumpliera la labor de determinación en todos ellos. Por lo tanto, éste puede solicitar la colaboración de expertos en taxonomía dependiendo los grupos de que se trate, en caso de necesitarla. Lo anterior contribuye a enriquecer y dar fundamento a las labores de curación de la CAIF.

3) Elaboración de etiquetas. Se hacen dos etiquetas: una con el código de colección y otra con los datos de muestreo, mismas que acompañarán al espécimen desde este momento.

4) Preservación. Se determina el medio de montaje siguiendo los estándares de acuerdo al grupo biológico. Si es en seco, se usa un alfiler entomológico o un triángulo de papel (pin-mounting). Si es montaje en húmedo, se preserva en etanol 96° G.L. en frascos de vidrio con taparosa y siguiendo las recomendaciones para disminuir la evaporación (20).

5) Registro fotográfico. Cada espécimen a ser incorporado se fotografía utilizando la metodología adecuada de acuerdo a su tamaño. Si es menor de 4 cm de longitud total, se usa un microscopio estereoscópico con cámara, disponible como parte del equipo de la CAIF. Si es mayor, se usa un equipo fotográfico (cámara fotográfica digital) acoplado a una mesa de montaje. El registro incluye tres vistas del ejemplar: frontal, lateral y dorsal. La etiqueta de código se incluye en las fotografías.

6) Toma de biopsia. Se disecta un apéndice del organismo que se preserva en un vial y se incluye en el banco de tejidos de la CAIF, junto con la etiqueta con el código de colección. El apéndice a tomar depende del grupo biológico, ya que esta decisión debe ser tomada priorizando el minimizar cualquier consecuencia negativa para la determinación taxonómica posterior. Incluso, si se requiere para asegurar la determinación, es posible la preservación del ejemplar completo en el vial (en especímenes pequeños) o evitar la disección del apéndice.

7) Determinación taxonómica. El ejemplar se identifica al nivel más específico posible, usando los recursos bibliográficos disponibles de acuerdo al grupo biológico de que se trata. Esta tarea es llevada a cabo por el curador de la CAIF, quien de ser necesario, solicita la colaboración de especialistas en el grupo específico para lograr identificaciones correctas. En su caso, puede necesitarse de utilizar información molecular, lo cual es llevado a cabo en el laboratorio de entomología forense, con la obtención por ejemplo de marcadores genéticos determinados. Esto ha sido posible en el laboratorio mencionado para distintos grupos biológicos gracias a la formación de bibliotecas de referencia, en que se han relacionado las especies a secuencias de DNA de referencia (ver por ejemplo (16)). Tal procedimiento es útil especialmente para estadios inmaduros en distintos grupos de Hexapoda, para los cuales no existen las herramientas de determinación con información morfológica. La tarea de determinación puede llevar un tiempo considerable, por lo que la incorporación a la CAIF puede llevarse a cabo con una determinación no específica, es decir, sin llegar necesariamente a especie, en espera de ser más específica en el futuro cercano.

8) Incorporación a la colección. El ejemplar es incorporado en el consecutivo en la colección.

Debido a la correspondencia entre el banco de tejidos y todos los productos derivados de cada espécimen, la colección está arreglada con base en el consecutivo de ingreso, no por arreglo taxonómico. El usuario interesado en un grupo taxonómico específico debe consultar primero el catálogo disponible para ubicar los códigos que sean de su interés, de acuerdo a la familia de que se trate.

En cuanto al acervo de bancos biológicos, se cuenta con el banco de tejidos y el banco de DNA (Figura 1). Se trata de bancos asociados a la colección física, en los que cada código puede ser rastreado hasta su espécimen en físico. La trazabilidad es fundamental, ya que permite tener disponible los especímenes de los cuales provienen los tejidos en todo momento. Finalmente, el acervo de bancos de datos se compone del catálogo gráfico, que se alimenta de los ingresos

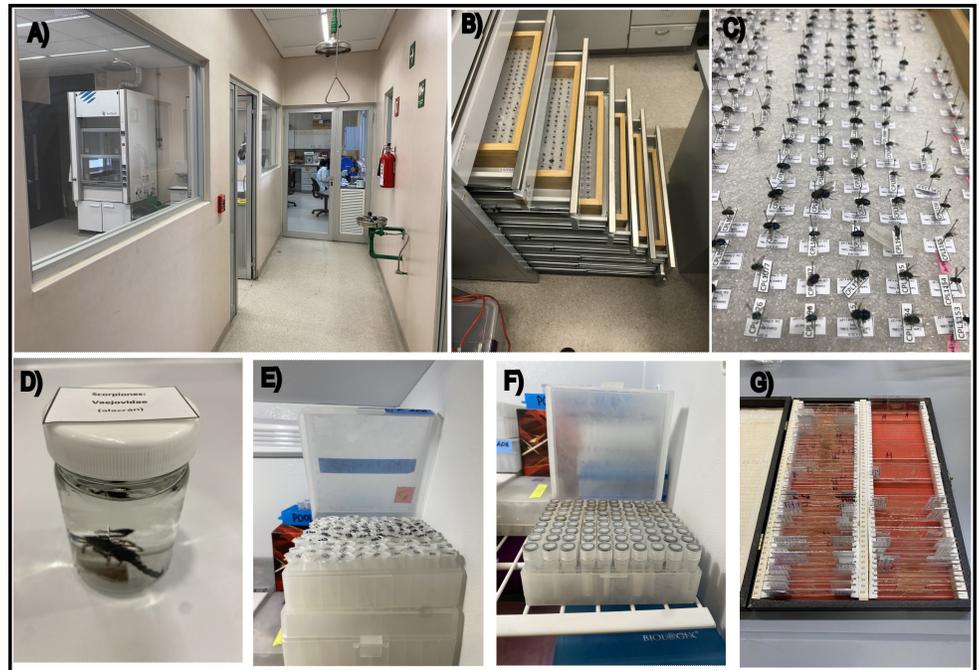


Figura 1. Algunos de los elementos que conforman a la CAIF. A) Vista del laboratorio de entomología forense de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses, que aloja a la CAIF; B) Gavetas de la colección de especímenes montados en alfileres entomológicos; C) acercamiento de algunos especímenes montados, mostrando la etiqueta de código de colección; D) un ejemplar de la colección húmeda; E) ejemplo de caja conteniendo el banco de tejidos; F) caja con el banco de DNA; G) una caja con parte de la colección de laminillas.

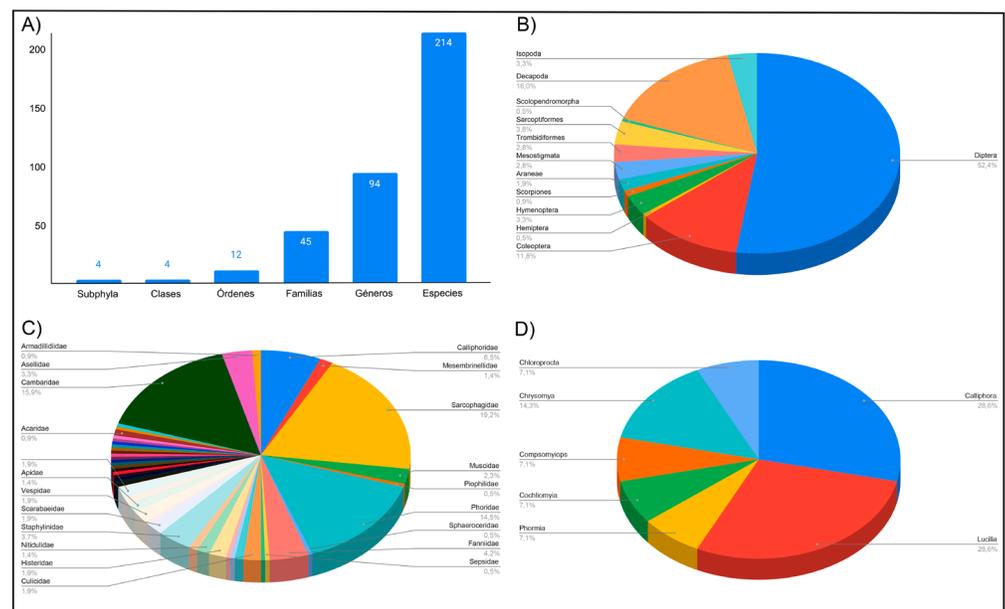


Figura 2. A) Número de taxones incluidos en la CAIF al día de hoy, de acuerdo a su categoría taxonómica. B) Proporción de especímenes depositados de acuerdo al orden. C) Proporción de especímenes de acuerdo a la familia. D) Número de especies de la Familia Calliphoridae, de acuerdo al género.

a la colección y de la biblioteca de DNA de referencia. Ésta última consiste en las secuencias de DNA que se ha generado a partir de los tejidos depositados en el banco de tejidos. Nuevamente, cada secuencia debe poder ser rastreada hasta el espécimen de origen, en la colección física y los datos asociados a su muestreo en el catálogo.

Hasta el 24 de septiembre de 2022, la CAIF cuenta con 2,923 especímenes, los datos de clasificación de los organismos incluidos a la fecha se encuentran resumidos en la Figura 2.

Al momento, la CAIF ha incluido 214 especies de artrópodos, pertenecientes a 12 órdenes de 4 clases: Insecta, Arachnida, Chilopoda y Malacostraca, correspondientes a 4 subphyla: Hexapoda, Chelicerata, Myriapoda y Crustacea, respectivamente (Figura 2). Los órdenes con más especímenes incluidos son: Diptera, Coleoptera, Decapoda e Isopoda. Las familias más numerosas son: Sarcophagidae, Cambaridae, Calliphoridae, Phoridae y Fanniidae. Por su relevancia en las aplicaciones médico-legales, se menciona la proporción de géneros representados de la familia Calliphoridae, para la cual se cuenta con 14 especies de los géneros, *Calliphora* (4 spp.), *Cochliomyia* (1), *Comptosyiops* (1), *Chrysomya* (2), *Chloroprocta* (1), *Lucilia* (4) y *Phormia* (1). Se cuenta asimismo, con tres especies de la familia Mesembrinellidae, en dos géneros, *Mesembrinella* (2) y *Laneella* (1). Sarcophagidae destaca por la representación de 41 especies, así como Cambaridae con 34 y Phoridae con 31. Asociada a la colección, la actividad del LEF ha conllevado una importante labor de muestreo en distintas regiones del país, de lo cual han resultado numerosos lotes que al día de hoy aún corresponde curar y determinar adecuadamente. En las tareas de preservación y separación inicial han participado aproximadamente 21 estudiantes a la fecha. La tarea final de determinación está a cargo del curador de la CAIF, quien en todos los casos revisa y es el responsable de las determinaciones. Con incidencia en el crecimiento de la CAIF se han llevado a cabo diversos proyectos de investigación, algunos han tenido que ver con el abordaje taxonómico de grupos específicos, mientras que otros se han centrado en preguntas de tipo ecológico, como la riqueza observada durante sucesión cadavérica. Para su obtención, se han utilizado múltiples métodos de muestreo, desde el muestreo con redes aéreas, hasta el muestreo con aspirador, con trampas de caída y necrotrampas. Se cuenta también con especímenes provenientes de intervenciones hechas para el Sistema de Justicia en casos médico-legales y de productos almacenados. Además, ha sido posible abordar el estudio de la diversidad de artrópodos asociados a la descomposición cadavérica usando como biomodelo *Sus scrofa* (cerdo doméstico), experimento que fue instalado en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel a partir de marzo de 2017 bajo la dirección del autor, constituyendo a nuestro conocimiento, el primer estudio en usar este biomodelo en el ecosistema de pedregal. Este experimento ha alimentado múltiples trabajos de investigación posteriores, incluyendo tanto la mesofauna del suelo como la fauna de artrópodos en general asociadas a dicho proceso, así como el estudio de la migración larval usando trampas de

caída. Actualmente se trabaja en derivaciones asociadas a tales biomodelos que permitan la caracterización de la fauna necrócola usando secuenciación de próxima generación.

Como se ha mencionado, se cuenta en la CAIF con grupos de artrópodos no insectos, principalmente de la subclase Acari y de distintos órdenes del subfilo Crustacea. El trabajo con ácaros ha sido especialmente impulsado por la colaboración cercana con la Dra. Margarita Ojeda, y éstos están representados actualmente por 21 especies distintas de 19 familias, la mayoría identificadas como de importancia médico-legal en trabajos de investigación asociados al LEF. En cuanto a los crustáceos, que han sido identificados como relevantes para la descomposición en ambientes acuáticos (21), se cuenta con los órdenes Decapoda, Amphipoda e Isopoda, con 41 especies. En la sección de tipos se incluyen al momento ejemplares tipo de nueve especies. También, se cuenta con material de referencia donado por expertos e instituciones externas, como una colección de referencia de Calliphoridae donada por el Dr. Terry Withworth (colección privada) y material de distintas familias de Diptera, donado por el Dr. Humberto Quiroz, de la UANL. La representación geográfica se concentra en el Centro y Este de México, con material proveniente principalmente de 10 estados de la República (Ciudad de México, Colima, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz), el objetivo de la CAIF es contar con una representación adecuada de todas las regiones biogeográficas de México.

Labor de formación

La colección se ha alimentado y ha proveído a su vez, de material para la actividad de formación de profesionales de alta calidad académica. Se cuenta con secciones dedicadas a la docencia, que han proveído de material para la impartición de las asignaturas del plan de estudios de la Licenciatura en Ciencia Forense, en concreto de las asignaturas de entomología forense en siete generaciones y de entomología avanzada en cinco. Asimismo, se han impartido tres cursos de formación profesional a peritos y profesionales del Sistema de Justicia, utilizando como apoyo el material de la CAIF. Además, ocho tesis de licenciatura, dos de maestría y una de doctorado de estudiantes provenientes de distintas instituciones del país (22-32), así como dos estancias posdoctorales, se han beneficiado y han aportado material de la CAIF a sus temas de investigación. La labor de 11 estudiantes en estancias de servicio social y tres de prácticas profesionales han sido también muy significativas. El potencial para las actividades de formación y docencia de una colección es sin duda un factor a tomar en cuenta, ya que facilita la transmisión del conocimiento preservado en el acervo y el dinamismo establecido en torno a ella coadyuva a su crecimiento, al mismo tiempo que contribuye a la formación del personal.

Por último, es importante mencionar que las colecciones biológicas se nutren de la labor de expertos en sistemática, rama de la biología encargada

de la descripción, denominación y clasificación de especies, así como de sus relaciones evolutivas, biogeográficas y en general, de los aspectos de su distribución. Sin embargo, el número de especialistas de este tipo ha disminuido considerablemente en las últimas décadas, lo que ha generado un escenario desfavorable para ejercer la sistemática. Los expertos coinciden en que este fenómeno, conocido como “impedimento taxonómico”, ha hecho que el avance en el conocimiento de la biodiversidad se ralentice, o por lo menos no vaya a la tasa necesaria para documentar la diversidad. Es decir, una gran proporción de las especies se extinguirán, sin si quiera conocerlas.

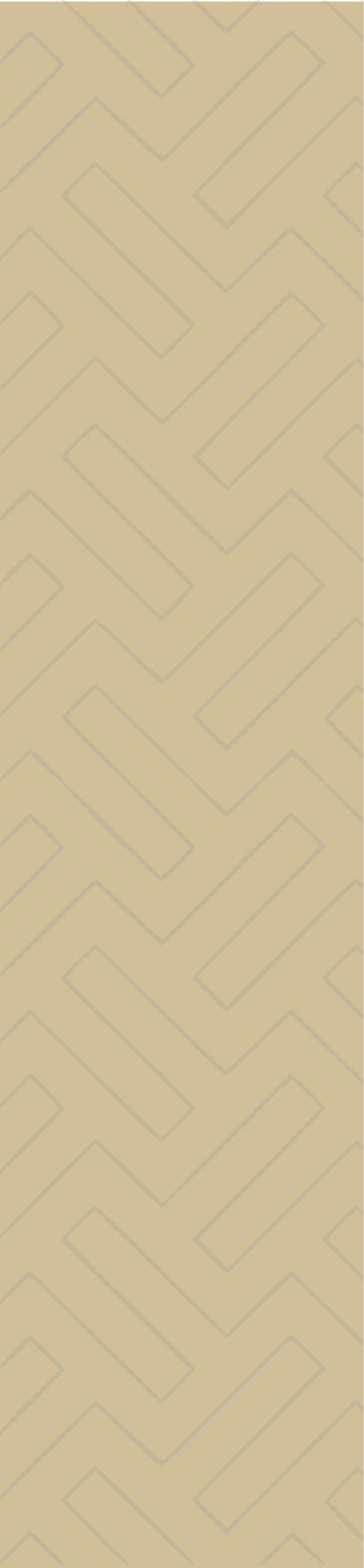
El Sistema de Justicia de nuestro país ha venido experimentando una serie de transformaciones, muchas de las cuales se vieron materializadas con la entrada en vigor del Nuevo Sistema de Justicia Penal en 2016, que tiene como eje rector garantizar el debido proceso. En éste, las partes pueden siempre controvertir las pruebas presentadas, de manera que la fortaleza de la prueba se vuelve fundamental para el mencionado debido proceso. La motivación de tal reforma puede rastrearse hasta el caso conocido como la “decisión Daubert” (en 1993), en Estados Unidos. Éste motivó que la Suprema Corte de ese país estableciera que la fiabilidad de una prueba se determina por su “cientificidad” y determinó un estándar para aceptar la evidencia científica usada en juicios, de forma que fuera: a) evaluable, susceptible de prueba, b) calculada con una tasa de error conocida, c) sometida a revisión por pares y d) aceptada por la comunidad científica (33). Hoy en día es por lo tanto, imprescindible que las disciplinas forenses, entre ellas la entomología, cuenten con estándares para validar bajo criterios científicos los peritajes y demás actividades a ser utilizadas como prueba. En la medida en que el conocimiento del componente endémico de la biodiversidad de artrópodos en nuestro país se fortalezca y los procedimientos cuenten con la validación científica correspondiente, la disciplina ampliará su aplicabilidad en el país y además, se asegurará el valor probatorio de las pruebas entomológicas para el futuro. Aparte de ser un acervo del capital natural de México, la CAIF busca finalmente dar certeza a la práctica forense, a través de aportar material y procedimientos de referencia fundamentados en información científica del más alto rigor y representación local, a fin de ayudar al desarrollo la entomología forense en nuestro país.

Agradecimientos

La labor de la CAIF es financiada actualmente por el programa UNAM-PAPIIT IA207523 y por el apoyo a investigación de la Facultad de Medicina, UNAM. Un gran número de estudiantes han contribuido a su crecimiento, tanto de las asignaturas de entomología forense y entomología avanzada de la Licenciatura en Ciencia Forense, como tesis de pre y posgrado.

Bibliografía

1. Weintraub KJ. The humanistic scholar and the library. *The Library Quarterly*. 1980; 50(1): p. 22-39.
2. Miller S, Barrow L, Ehlman S, Goodheart J, Greiman S, Lutz H y Light J. Building natural history collections for the twenty-first century and beyond. *BioScience* 2020; 70(8): p. 674–687.
3. Llorente Bousquets J, Koleff Osorio P, Benítez Díaz H y Lara Morales L. Síntesis del estado de las colecciones biológicas mexicanas. Resultados de la encuesta Inventario y Diagnóstico de la actividad taxonómica en México 1996-1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 1999.
4. Calvo-Agudo M, González-Cabrera J, Picó Y, Calatayud-Vernich P, Urbaneja A, Dicke M y Tena A. Neonicotinoids in excretion product of phloem-feeding insects kill beneficial insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2019; 116: p. 16817–16822.
5. Janzen DH y Hallwachs W. Perspective: where might be many tropical insects? *Biological Conservation* 2019; 233: p. 102–108.
6. Williams N. A plea to protect threatened collections. *Science*. 1999; 273: 1792-1793.
7. Régnier C, Achaz, G, Lambert A., Cowie RH, Bouchet P y Fontaine B. Mass extinction in poorly known taxa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015; 112(25): p. 7761-7766.
8. Davison P. Museum collections as cultural resources. *South African Journal of Science*. 1990; 90: p. 435- 436.
9. Stuckenberg BR. National collections in the national life: services in a pluralistic society. *South African Journal of Science*. 1994; 90: p. 429-431.
10. Cobb NS, Gall LF, Zaspel JM, Dowdy NJ, McCabe LM y Kawahara AY. Assessment of North American arthropod collections: Prospects and challenges for addressing biodiversity research. *PeerJ*, 2019; 7, e8086.
11. CONABIO. Catálogo electrónico de acrónimos de colecciones e instituciones. Base de datos SNIB-CONABIO. México. 2022. Junio 2022
12. Almanza MS. Entre moscas mosquitos y otros insectos. Monterrey. Noticias UANL Septiembre 11 de 2009
13. Molina-Chávez H. Conformación Del Laboratorio de Entomología Forense en la Procuraduría General De Justicia del Distrito Federal (PGJDF). [Tesis de Licenciatura]. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2009.
14. Granados L y Angulo P. Colección entomológica de artropofauna cadavérica como herramienta para las Ciencias Forenses. Ciudad Juárez. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Posgrados; 2015.
15. Briggs JC. Species diversity: land and sea compared. *Systematic Biology* 1994; 43: p. 130–135.
16. Stork NE. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Annual Review of Entomology* 2018; p. 63:31–45
17. Pedraza-Lara C., Garduño-Sánchez MA, Téllez-García I, Rodríguez-González S, Nuple-Juárez E, y Guardado-Estrada M. Species delimitation of scavenger flies in the valley of Mexico. *Journal of Medical Entomology*. 2021; 58(6), 2206-2215.
18. Jaume-Schinkel S. e Ibáñez-Bernal S. Catalog of the family Calliphoridae (Diptera: Oestroidea) of Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. 2020; 36, p. 1–25.
19. Thomson N, Hyam R, Rinaldo C, Butler C, Holland D, Mathé B, Waibel G, Addink W, Altenburg R, Döring M. Natural Collections Description (NCD). A data standard for exchanging data describing natural history collections. *Standars for the Exchange of Biodiversity Data*. Biodiversity Information Standards TDWG. 2008. www.tdwg.org/standards/312/.
20. Natural Collections Descriptions interest group. Natural Collections Descriptions (NCD), version 2008-08-12. Biodiversity Information Standards (TDWG). 2008. <http://www.tdwg.org/standards/312>
21. Notton, D. G. (2010). Maintaining concentration: A new practical method for profiling and topping up alcohol-preserved collections. In *Collection forum* (Vol. 24, No. 1-2, pp. 1-27).
22. Wallace JR y Merritt RW. The role of aquatic organisms in forensic investigations. In: *Forensic Entomology* Byrd y Tomberlin Eds. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Ratón. 2020; pp. 155-186.
23. Ortiz O. Establecimiento de la Colección de Artrópodos de Referencia Forense para la Licenciatura en Ciencia Forense de la UNAM. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.
24. Téllez I. Código de barras genético de especies de dípteros necrófilos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2018.
25. Corona V. Propuesta de protocolo para la identificación y tratamiento de indicios entomológicos en el lugar de la intervención y en el laboratorio, con fines de identificación humana, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2018.
26. García L. Revisión taxonómica de las especies epigeas del género *Caecidotea* Packard, 1871 (Crustacea: Isopoda: Asellidae) de la región central de México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, 2020.
27. Ortiz H. Una nueva especie de acocil del género *Cambarellus* (Decapoda: Cambaridae) del centro de México, Trabajo de investigación, Universidad Autónoma de Querétaro, 2020.
28. Hernández E, Riqueza de dípteros de la familia Faniidae, de importancia forense, en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2021.
29. Nuple E. Riqueza de especies necrócolas de la familia Phoridae (Latreille, 1796) (Diptera, Cyclorrhapha) en el Valle de México. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 2021.
30. Rodríguez S. Diversidad de Sarcophagidae Macquart, 1834 (Diptera) necrófilos en el distrito de cuencas Toluca-México-Puebla. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 2021.
31. Guzmán V, Listado de coleópteros necrófilos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2022.
32. Piña G, Efecto de la cocaína en el desarrollo larval de *Megaselia scalaris* Loew, 1866 (Diptera: Phoridae), Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2022.
33. Sánchez J, Comparación de la riqueza de dípteros necrófilos en dos localidades: Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”, Veracruz y el Jardín Botánico “Helia Bravo Hollis”, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2022.
34. García Z. La argumentación en la valoración de la prueba científica en el sistema penal acusatorio, emergente en el mundo latino. I Congreso de Filosofía del Derecho para el Mundo Latino. 2016.



ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN/ DIFUSIÓN

Colección Entomológica de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León

Violeta Ariadna Rodríguez Castro¹, Humberto Quiroz Martínez^{1*}

Adscripción:

¹Laboratorio de Entomología y Artrópodos, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

*insectouanl@gmail.com

Datos del artículo

Cita: Rodríguez Castro Violeta Ariadna, Quiroz Martínez Humberto. 2023. Colección Entomológica de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Artículo de difusión/ divulgación. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(2) Especial:36-40 pp.

Editor: Carlos Pedraza-Lara

Recibido: 7 octubre 2022.

Aceptado: 2 febrero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Presentamos una breve descripción del origen, desarrollo y establecimiento de la Colección Entomológica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León desde 1952 a la fecha, funciones y servicios que ofrece.

Palabras clave: insectos, mexico, entomología, docencia, investigación

Abstract

A brief description of the origin, development and establishment of the Entomological Collection of the Facultad de Ciencias Biológicas of the Universidad Autónoma de Nuevo León from 1952 to date, functions and services offered.

Key words: insects, mexico, entomology, teaching, research.

Una colección de insectos es importante desde varios puntos de vista. Para justificarla bastaría la maravillosa diversidad de formas y colores de estos animales; pero aún son más valiosos los aspectos científicos y prácticos que presenta en lo relativo a la medicina y agricultura, ambas de la mayor trascendencia para la vida de un país. Así las colecciones constituyen un tema muy importante en la formación de un profesional, de forma que sea posible tomar a los insectos como modelos de formación en su trayectoria académica (1). Para una colección científica de entomología habría que empezar por aprender cómo capturar a los grupos biológicos que la conforman, así como los procesos curatoriales que la mantienen y las actividades de correcta clasificación que le dan formalidad (2).

Desde sus inicios en el año de 1952 en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León se formaron Colecciones Científicas como un instrumento didáctico para el aprendizaje del estudiante (Figura 1), de esta manera se podía tener acceso a organismos que por diferentes

circunstancias no eran revisados en el laboratorio; además, los estudiantes aprendían cómo coleccionar, preservar y etiquetar el material científico para un museo, con los grupos de interés para los alumnos que en aquellos años cursaban sus estudios como Maestro de Biología y posteriormente como Biólogo.

Durante los primeros años de su fundación, la Facultad de Ciencias Biológicas no contaba con un edificio propio, domicilios ubicados en el centro de Monterrey fueron habilitados para las clases teórico-prácticas, en el año de 1969 fue construido en Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, el edificio donde actualmente se encuentran las instalaciones de Unidad A (Figura 2). En el segundo piso del ala norte se encontraba depositado material de malacología, artrópodos no insectos, insectos y una colección de botánica.

Paralelo a la construcción del ala sur de la misma unidad, el edificio fue destinado al establecimiento de laboratorios, asignando un espacio exclusivo para



Figura 1. Segunda generación de biólogos a quienes les muestran una Colección de Mamíferos. Fotografía tomada de la página de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.



Figura 2. Ala norte del edificio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Fotografía tomada de la página de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.



Figura 3. Gabinetes metálicos que forman la colección entomológica de la FCB-UANL. Fotografía tomada por los autores del trabajo.

el Laboratorio de Entomología y Artrópodos, donde están resguardadas las colecciones de Carcinología, Aracnología y de Entomología.

Inicialmente el material entomológico estaba dentro de gabinetes de madera, después de un incendio fueron reemplazados por cajones metálicos para disminuir riesgo de otro incidente (Figura 3). A partir de 1978, con el trabajo realizado por los docentes de aquellos años, tesis, servicio social y voluntarios del laboratorio, se incrementó el acervo de ejemplares, incorporándose material de donaciones realizadas por especialistas en México. La Colección Entomológica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FCB-UANL) se encuentra ordenada evolutivamente de acuerdo al criterio de Borror en sus diferentes ediciones (3, 4, 5).

Tres siniestros lamentables han marcado la historia de la Colección Entomológica FCB-UANL, el primero de ellos fue el incendio registrado el 31 de diciembre de 1973, que destruyó gran parte del material científico; el segundo fue la remodelación del laboratorio del 10 de abril al 15 de junio de 2003, en la cual se perdió mucho material con la obra, el tercero de ellos fue contaminación por mohos en marzo de 2007, que invadió todo el espacio físico de la colección incluidos paredes, gabinetes y los insectos dentro de ellos, dañando severamente este material.

De acuerdo a la CONABIO (2016) tiene en su registro de colecciones el año de 1975 para la Colección Entomológica FCB-UANL (6), la cual inicialmente fue una colección general representativa de la fauna entomológica de todos los municipios pertenecientes al estado de Nuevo León. A medida que pasó el tiempo, con el interés de investigadores, docentes y alumnos, fueron abriéndose secciones que hoy corresponden a Entomología Agrícola, Entomología Médica, Entomología Acuática y Entomología Forense, de las cuales se está actualizando la información concerniente al número de individuos y la base de datos propia para estas secciones. Cabe mencionar que, en mayo de 2010, la colección entomológica que tenía el Programa de Graduados en Agricultura en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey donó parte de su colección a la Facultad de Ciencias Biológicas, donde destaca material entomológico de proyectos destinados a buscar enemigos naturales de plantas para programas

de control biológico de malezas (Tejeda-Molina, Comunicación personal).

Acerca de la Colección Entomológica de la FCB-UANL, para 1978 tenía representados 22 órdenes, con 210 familias y alrededor de 734 especies con 25,000 ejemplares (7). Posteriormente, para 1991, se estimó la cantidad de 80,000 ejemplares, con 26 órdenes, 280 familias 880 géneros y 850 especies (8). Actualmente se están realizando labores de reemplazo y extracción de insectos que fueron dañados por roedores, que ocurrieron durante los meses de junio y julio del 2020 cuando el laboratorio de entomología fue acondicionado para ofrecer sesiones híbridas durante la pandemia. Además, de actualizarse la base de datos, por lo cual no está disponible en este momento la información del acervo incluido en la colección.

La Colección Entomológica FCB-UANL tiene varias funciones, la principal es servir como recinto para el depósito de insectos del estado de Nuevo León. Apoyo en docencia e investigación en la licenciatura y posgrado: a través de revisiones taxonómicas de los grupos de interés para alumnos de la carrera de Biólogo que han desarrollado sus investigaciones para optar al título de Biólogo.

- a. Apoyo a investigadores que realizan estudios de taxonomía, además de estudiantes de posgrado de la propia universidad y de otras instituciones nacionales e internacionales se ha permitido el uso del material entomológico para realizar sus estudios de biosistemática.
- b. Servicios de consulta por parte de instituciones públicas y privadas: a solicitud previa se brinda apoyo a instituciones públicas y privadas para la identificación y comparación de material entomológico.
- c. Servicio de identificación de insectos a la sociedad, a quien lo solicite: casos especiales de contaminación de alimentos por insectos y situaciones de riesgo en salud pública, es posible solicitar apoyo para la identificación de material entomológico.
- d. Intercambio con otras instituciones públicas o privadas a nivel nacional e internacional. Ocasionalmente surge interés de instituciones públicas o privadas quienes se encuentran

interesados en intercambiar material entomológico, por lo cual la Colección Entomológica FCB-UANL está en disposición de realizar el intercambio. Como ejemplo, en la década de los años 80 fue enviado a España una corta muestra de escarabajos representativos de la fauna del estado y a cambio fue recibida una muestra de mariposas de dicho país (Ortíz-Hernández, comunicación personal).

En cuanto a la sección de Entomología Forense, diversos estudios usando modelos biológicos simulando la manera como se han realizado hallazgos de un cadáver y en las cuatro épocas del año han sido llevados a cabo para determinar la diversidad de artrópodos asociados a un cuerpo sin vida, organismos que utilizan los restos como alimento y como extensión de su hábitat. Hay que mencionar que el papel de las diferentes especies es variable y no todas participan activamente en la descomposición. Los diferentes artrópodos pueden clasificarse como necrofagos, depredadores, omnívoros y accidentales (9).

A pesar de que pueden colectarse miles de individuos inmaduros y adultos asociados a un cuerpo en descomposición, para efecto de la Colección Entomológica FCB-UANL se considera incluir 20 individuos que representen su distribución geográfica y temporal en el estado de Nuevo León, con alrededor de 1,000 insectos montados en seco y/o preservados en alcohol etílico al 70% que representan siete orden de insectos que han sido muestreados de los cadáveres de modelos biológicos, identificándose 45 familias, de las cuales 22 han sido citadas en la literatura especializada, con 55 géneros que incluyen 40 especies.

Holt Rinehart Winston 1976; pp 659.

5. Triplehorn, C. A., and Johnson, N. F. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. 7^o Edition. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole. 2005; 464 pp.
6. CONABIO. 2016. Colecciones biológicas científicas de México. Disponible en www.biodiversidad.gob.mx/especies/colecciones
7. Hernández-Mendoza J. L.; J. J. Ortiz-Hernández y R. Torres-Zapata. 1978. La Colección de Entomología de la Facultad de Ciencias Biológicas, U. A. N. L. Conferencia presentada en el II Congreso Nacional de Entomología, Sociedad Mexicana de Zoología
8. Quiroz-Martínez, H.; M. de la L. Delgado-Gallardo y M. L. Rodríguez-Tovar. 1991. La Colección de Entomología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León: Una Breve Semblanza. Presentada en el XXVI Congreso Nacional de Entomología en Veracruz, Veracruz, del 19 al 22 de Mayo.
9. Magaña, C. 2001. La entomología forense y su aplicación a la medicina legal. *Data de la muerte*. Bol. Soc. Entomol. Aragon 29: 49-57.

Bibliografía

1. Murillo-Martínez R. M. 1985. Problemática y perspectivas de las colecciones entomológicas en el trópico: la colección del CSAT un ejemplo. *Universidad y Ciencia*, 1985; 2(3) 67-69.
2. Murillo-Martínez R. M. y R. Peña-Martínez. Para el museo escolar, como preparar insectos. Conferencia presentada en el taller de colecciones de insectos y ácaros de importancia agrícola. 1986 Agosto p 72-94. México D. F.
3. Borror D. J. and D. M de Long. 1964. *An introduction to the study of insects*, Revised Edition. New York, Holt Rinehart Winston.
4. Borror, D. J.; D. M. De Long and C. A. Triplehorn. *An introduction to the study of insects*, Revised Edition. 4 editon, New York,

Acarología forense en México, ¿dónde estamos y hacia dónde vamos?

Margarita Ojeda^{1*}

Adscripción:

¹Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.

*margojeda@gmail.com

Datos del artículo

Cita: Ojeda Margarita. 2023. Acarología forense en México, ¿dónde estamos y hacia dónde vamos?. Artículo de difusión/divulgación. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(2) Especial: 41-47 pp.

Editor: Carlos Pedraza-Lara

Recibido: 7 octubre 2022.

Aceptado: 2 febrero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Los ácaros son uno de los grupos de artrópodos más abundantes y diversos en la naturaleza, viven en ambientes terrestres y acuáticos. Son importantes elementos en los procesos naturales de descomposición de la materia orgánica del suelo. Su vínculo en el campo de la entomología forense se remonta a 1894 con la mención del médico francés Jean Pierre Mégnin, en su “*La Faune des Cadavres*” como la sexta oleada de artrópodos asociados a un cadáver. En esta contribución se presenta el estado del conocimiento de la Acarología forense en México, haciendo un breve recorrido histórico de la disciplina en el país, que inició en 1986 con la mención de la Dra. Anita Hoffmann, los ácaros como “*Testigos de Cargo*”. A pesar de ello no es sino hasta inicios del siglo XXI con la incursión de diversos grupos de trabajo que se da una mayor visibilidad e interés a los ácaros asociados a los procesos de descomposición cadavérica incluidos los relacionados con dípteros y coleópteros de interés forense. El trabajo del entomólogo forense ha cobrado especial importancia, e incluido a otros grupos de artrópodos como son los ácaros, con ello y la aplicación de diversas herramientas, los resultados que se obtienen ayudan a dar información e incluirse en los reportes periciales. Hoy en día, en la Colección de Artrópodos de Referencia Forense (CARF), de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses (ENACIF, UNAM), ya se cuenta con el registro de 17 familias y cerca de 20 especies de ácaros, de entre los cerca de 3,000 ejemplares albergados en ella.

Palabras clave: ácaros, oleadas, importancia forense, forensia, descomposición cadavérica

Abstract

Mites are one of the most abundant and diverse groups of arthropods in nature, they live in terrestrial and aquatic environments. They are important elements in the natural processes of soil organic matter decomposition. Its link in the field of forensic entomology dates to 1894 with the mention of the French doctor Jean Pierre Mégnin, in his “*La Faune des Cadavres*” as the sixth wave of arthropods associated with a corpse. The aim of the present contribution is to present the state of knowledge of forensic acarology in Mexico, making a brief historical overview of the discipline in the country, which began in 1896 with the mention of Dra. Anita Hoffmann, mites as “*Witnesses for the Prosecution*”. Despite this, it was not until the beginning of the 21st century with the incursion of various working groups that greater visibility and interest was given to the mites associated with cadaveric decomposition processes, including those related with Diptera and Coleoptera of forensic interest. The work of the forensic entomologist has gained special importance, and including other groups of arthropods such as mites, the application of various tools and the results obtained help provide information and be included in expert reports. Today, in the Colección de Artrópodos de Referencia Forense (CARF), Escuela Nacional de Ciencias Forenses (ENACIF, UNAM), there is already a record of 17 families and about 20 species of mites, among the nearly 3,000 specimens housed in it.

Key words: mites, forensic value, phoresy, carcass, decomposition

Los ácaros son un grupo de artrópodos quelicerados muy diversos, que habitan en un amplio rango de hábitats, tienen diversos hábitos alimenticios y una elevada especificidad. Los encontramos en ambientes tanto terrestres como acuáticos, de vida libre y asociados a una variedad de animales vertebrados e invertebrados. Se conocen a nivel mundial cerca de 55,214 especies (1), de las que para México se reportan 2,625 (2). Ecológicamente son pieza clave en diversos procesos y funciones en los ecosistemas; en particular, tienen un papel relevante en los ambientes edáficos, en los procesos de descomposición y reciclaje de la materia orgánica.

Son considerados importantes indicadores de condiciones ambientales y de impactos producidos por el ser humano por lo que pueden aportar información valiosa sobre el entorno donde se ha encontrado un cadáver, la ruta por la que haya transitado una mercancía y otros aspectos aplicados de la ciencia forense, por lo que la presencia de especies adaptadas a entornos cadavéricos y otros restos orgánicos es relevante. El propio Jean Pierre Mégnin, pionero en el desarrollo de la entomología forense, demostró su valor como indicadores forenses.

La presencia de los ácaros en cadáveres se conoce desde finales del siglo XIX, gracias al trabajo en Francia de J. P. Mégnin, en "*La fauna de los cadáveres*" (*La Faune des Cadavres*) (3) estableció la teoría de "*Les escuadrilles des travailleurs de la mort*", determinando las ocho oleadas de artrópodos que invaden el cadáver de forma sucesiva en el tiempo, explicando cómo y cuándo llegan, así como su correlación con el proceso de descomposición hasta su desaparición. Mucho del progreso de la acarología forense está ligado al de la entomología forense, por lo que es importante mencionar el desarrollo de esta última para entenderlo. Mencionaremos solo algunos de los eventos que han definido este avance en estas disciplinas. En Bélgica, Leclercq (4) publicó "*Entomologie et Médecine Légale*" estudiando las ocho escuadras de los trabajadores de la muerte, la sexta que involucra a los ácaros y las aplicaciones prácticas en medicina legal. En Australia, Bornemissza (5) hizo un análisis de la sucesión de artrópodos que acude a los cadáveres de ratas, estudiando el fenómeno de la descomposición y la relación de la entomofauna carroñera con el suelo, con

la fauna propia del suelo y con su vegetación. Determinó cinco estados de descomposición y entre algunas de sus conclusiones señaló que entre los artrópodos propios del suelo, solo los Formicidae y Dermaptera participan como depredadores (carroñeros) en este ambiente.

Debido a su reducido tamaño, los ácaros pasan desapercibidos, aún para los expertos. Por ello, aunque Mégnin (3) destacó su presencia desde las fases más tempranas de la descomposición cadavérica, hasta una etapa tardía, la sexta cuadrilla; su presencia en informes forenses sigue siendo escasa e imprecisa. A pesar de existir varios reportes en donde se ha empleado a los ácaros como indicadores forenses (6,7), éstos siguen siendo obviados en las inspecciones oculares rutinarias y pocos son los trabajos que los incluyen (8,9,10). Adicionalmente, es frecuente que personal sin experiencia en acarología, realicen identificaciones poco fiables o imprecisas (11,12,13) que llevan a interpretaciones erróneas y afectan de forma directa los informes periciales. Algunas causas de éstas, son en primer lugar el tamaño microscópico de los ácaros, lo que dificulta separarlos, y a que muchas especies de interés forense permanecen sin ser descritas (14).

Es bien conocido, que diversas especies de ácaros se encuentran relacionadas con diferentes fases de la descomposición cadavérica, incluidos estados frescos, tanto en seres humanos como en otros animales (15,16,17), y contribuyen con información relevante sobre la conexión entre un sospechoso y un crimen (18). En el 2008 se inició la primera colección de referencia de ácaros asociados a restos cadavéricos en el mundo, bajo la custodia del Laboratorio de Acarología de la Universidad de Reading (Acarology Laboratory, School of Biological Sciences).

La Acarología forense es una disciplina que trata del estudio de los ácaros y su relación con cadáveres y el proceso de descomposición cadavérica; han sido citadas 75 especies de 20 familias asociadas a cadáveres de humanos y 100 especies de 60 familias vinculadas a animales (15,18,19). Los resultados de su aplicación colaboran con el sistema judicial y está ligada directamente con el trabajo del entomólogo forense. Su historia es relativamente reciente, con sus inicios a mediados del siglo XIX en Francia y su desarrollo paulatino en los siglos XX y XXI, en particular en los E.E. U.U. y en Europa en países como Alemania, Reino Unido, España, entre otros.

Una investigación documental sobre el tema, utilizando las palabras: ácaros, forense, mites, forensic, acarología, en el periodo comprendido entre 1980 a 2022, en el Web of Science, arrojó un total de 45 artículos, que versan sobre diversos tópicos que incluyen trabajos experimentales, reporte de casos y revisiones. Las revistas de mayor publicación fueron *Experimental and Applied Acarology*, *Journal of Medical Entomology*, *Forensic Science International*, *Ciencia Forense*, *Progress in Acarology*, *International Journal of Acarology* y *Revista Colombiana de Entomología* por mencionar algunas. Se encontró que en México, los trabajos han sido publicados en las revistas *Entomología Mexicana*, *Folia Entomológica* y los resúmenes de congresos de la Asociación Mexicana de Sistemática de Artrópodos (AMXSA), Congreso de Entomología Aplicada y el Congreso de Ciencia Forense. Dato importante de señalar, es que a partir del 2009 en la Reunión de la Asociación Europea de Acarólogos (EURAAC por sus siglas en inglés), es el momento en que se encuentra un mayor número de publicaciones (diez), en su mayoría de grupos de trabajo europeos y con ello se incrementa el interés en el área a nivel mundial.

En México, los ácaros y su importancia en el ámbito forense se conocen desde la década de 1980, con el trabajo de la Dra. Anita Hoffmann en su libro *“Animales desconocidos: Relatos acarológicos”* de 1988 (20), en el capítulo titulado *“Testigos de Cargo”*, se presenta el caso de un homicidio en California, Estados Unidos de Norteamérica, donde ácaros trombicúlidos conocidos como coloradillas, aradores o tlanzahuates, tuvieron un papel determinante en la resolución del caso (21). Posteriormente, en el 2012 en un congreso de la Sociedad Mexicana de Entomología, la Dra. Ma. Teresa Quintero, retomó el tema y presentó un trabajo titulado *“Breve introducción a la Acarología Forense”* (22), donde hace un recorrido de los inicios de la disciplina a partir del trabajo de Mégnin, las contribuciones de Goff en los Estados Unidos (16, 17), hasta el 2009 cuando la Dra. Alejandra Perotti y el Dr. Henk Braig (23) de la Universidad de Reading en el Reino Unido son señalados como los promotores de la acarología forense en la actualidad.

En el 2006 debido a su interés en el tema, llevó al Dr. Santiago Vergara a trabajar su proyecto

de tesis de licenciatura sobre los dípteros de la familia Calliphoridae, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para posteriormente en el 2011 obtener el doctorado con el trabajo intitulado: *“Arribo y dispersión de algunas moscas (Diptera: Calliphoridae) con importancia forense en Saltillo, Coahuila”*, en el que utilizó un cadáver humano, siendo hasta el momento la única investigación en México en su tipo (24). Durante la realización de este trabajo el Dr. Vergara observa la presencia de pequeños artrópodos asociados a los dípteros, y es entonces que en el año 2010 durante el Primer Simposio Internacional de Acarología organizado en la Universidad Autónoma de Chapingo presenta la ponencia, *“Los ácaros en la Entomología Forense”*.

Un punto determinante para el desarrollo de la acarología forense en nuestro país, tuvo lugar en el 2016, cuando se llevó a cabo el Taller de Acarología Forense y Tafonomía, en la ciudad de Querétaro. El evento fue auspiciado por la Universidad de Querétaro, el CONACYT, el British Council, The Newton Fund y la Universidad de Bangor del Reino Unido. En éste, participaron como ponentes los doctores Henk Braig, Alejandra Perotti, Marta Saloña-Bordas, y Santiago Vergara, entre otros. Asistieron al taller representantes de varias entidades académicas y de procuración de justicia, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Facultad de Ciencias, UMDI Juriquilla, Instituto de Ecología), Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Colegio de Postgraduados (CP), además, las Procuradurías de Justicia de Querétaro, y de la Ciudad de México (CDMX), llevándose a cabo actividades prácticas que promovieron el intercambio de conocimientos entre las distintas instituciones.

Derivado de estas actividades, estudiantes de la UAQ bajo la tutoría del Dr. Vergara optaron por utilizar a los ácaros forenses en sus trabajos para obtener su título de licenciatura, ellas son Daniela Blé Carrasco quien reportó 13 superfamilias, 15 familias y 12 géneros de ácaros asociados a la descomposición de un cerdo blanco en la ciudad de Querétaro (25). Por su parte, Daniela Bonilla mencionó que 664 individuos pertenecientes a ocho familias y ocho géneros, fueron observados en su estudio cuyo objetivo fue identificar a los ácaros asociados a la descomposición de Sus

scrofa domestica, expuesto a diferentes condiciones ambientales, en el Campus Concá, Arroyo Seco, Querétaro (26). Ambas han presentado estos resultados en foros como el Congreso de Ciencia Forense (2018) y el Congreso Nacional de Entomología (2020).

A pesar de que la mayoría de las contribuciones de la disciplina se han realizado como presentaciones en congresos, como el de la Sociedad Mexicana de Entomología (SME), la temática de dichos trabajos forman parte de una sección que aborda tanto a la Entomología médica como a la forense, siendo este el foro donde tanto entomólogos como acarólogos forenses se reúnen año con año para compartir sus investigaciones, destacando la participación del Dr. Humberto Quiroz, entomólogo de la Universidad Autónoma de Nuevo León, quien lidera otro grupo importante de investigadores que han abordado la disciplina, y que colaborando con la Dra. Ariadna Rodríguez participa de manera activa abordando la temática de los insectos de interés forense, y organizando cursos en los que incluyen a los ácaros. Las Dras. Edith Estrada y Patricia Chaires han sido las docentes en estos cursos, y también han participado en diversas reuniones abordando la importancia del uso de los ácaros en el trabajo forense.

Otros eventos que han permitido el desarrollo de la disciplina en México, son los Congresos de Ciencia Forense vinculados a la Escuela Nacional de Ciencias Forenses de la UNAM. Esta carrera, tiene como objetivo formar profesionales capaces de coordinar, dirigir y realizar la investigación científica de un hecho delictuoso por medio del estudio del material sensible significativo hallado en el lugar de los hechos, la causalidad, la autoría y la víctima, así como integrar los resultados periciales con base en la cadena de custodia, para contribuir en la procuración y administración de la justicia y prevenir el delito. Sus egresados al finalizar adquieren una preparación científica sólida y un sustento teórico, que los capacita para identificar y analizar aspectos relevantes de los indicios físicos y de los testigos o personas implicadas en el hecho delictuoso.

La ciencia forense, es producto de la necesidad de contar con estudios científicos que ayuden a aclarar delitos, apoyando de forma relevante al Sistema Judicial Mexicano.

En este espacio, de la Facultad de Medicina de la UNAM, el Dr. Carlos Pedraza dirige el Laboratorio de Entomología Forense y en colaboración con la Dra. Margarita Ojeda de la Facultad de Ciencias de la misma Universidad, han participado en varios eventos académicos, como los congresos de la Asociación Mexicana de Sistemática de Artrópodos (AMXSA) y el mencionado Congreso de Ciencia Forense, organizado por la Escuela Nacional de Ciencias Forenses, presentando sus hallazgos de las investigaciones que han llevado a cabo utilizando como modelo al cerdo blanco, y que incluyen tanto a insectos como a ácaros, asociados al proceso de descomposición cadavérica (27). Es en esta sede que a partir del 2018 se inició el proceso de la conformación para albergar la “Colección de Artrópodos de Referencia Forense” (CARF). El establecimiento de ésta, es un elemento importante en la consolidación de la disciplina, ya se cuenta actualmente con alrededor de 3,000 especímenes; entre los que hay material preservado, tanto en alcohol etílico como en preparaciones semipermanentes en líquido de Hoyer, que representa registros de 17 familias y cerca de 20 especies de ácaros relacionadas con el proceso de descomposición cadavérica, tanto de ácaros de vida libre de hábitos saprófagos, y depredadores, como de ácaros foréticos de dípteros y coleópteros que arriban de manera inmediata al cadáver.

Por último, cabe mencionar que recientemente en 2022 se llevó a cabo la Reunión de Entomología Forense organizada por la Escuela Nacional de Ciencias Forenses-UNAM, y el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, en la que nuevamente las Dras. Perotti y Saloña tuvieron una participación importante, cuya presencia ayuda a fortalecer y coadyuvar a generar colaboraciones con sus equipos de trabajo y que permite la consolidación de la disciplina en nuestro país.

La gran diversidad de ácaros presente en México representa un área de oportunidad, pero al mismo tiempo es una limitante para reconocer las especies a nivel local, regional y del país en general, ya que existen muy pocos especialistas para llevar a cabo el trabajo de identificación, y la delimitación y descripción de las nuevas especies.

A pesar de que esta disciplina lleva utilizándose varios años, como complemento a los trabajos de la entomología forense, cuando Bergeret (28) comenzó a considerarla como una ayuda a la medicina legal y a partir de la publicación de “*La Fauna de los Cadáveres*”, escrita por Mégnin (3), tanto la entomología forense como la acarología forense han ido creciendo y desarrollándose paulatinamente, así como su integración a la ciencia forense, siendo de gran ayuda a la medicina legal. Actualmente se está retomando, con la ayuda de expertos acarólogos, para así contribuir al avance de la acarología forense como una disciplina en franco crecimiento. Deberá por lo tanto, prestarse atención a la presencia de ácaros, en sus diversas asociaciones: parásitos, foréticos, de granos almacenados y otros de vida libre, para de esta manera contribuir al desarrollo de la ciencia forense.

Considerar a los ácaros como indicador forense conlleva una serie de premisas que deben ser tomadas en cuenta, si se espera obtener información útil a partir de su presencia en los restos cadavéricos. Su tamaño y su ubicuidad hace fácil que las muestras recolectadas puedan estar sujetas a contaminación, ya sea por la fauna del entorno circundante o por la inexperiencia del recolector. Otro aspecto importante, es conveniente tomar “muestras control”, esto es de la fauna natural del entorno que ayuden a comparar y contrastar las especies obtenidas del cadáver y seleccionar las que aportarán información relevante sobre el lugar de ubicación de los restos y diversos aspectos de la investigación forense.

En cuanto a la especificidad de hábitat, otro aspecto importante, éste puede relacionar a un sospechoso con un sitio y conectarlo con el lugar del crimen (17,18,19,20), como por ejemplo hay especies indicadoras de ambientes cerrados, cuevas o ambientes con materiales degradados (29,30,31), o bien lugares tan específicos como nuestras casas y enseres asociados (16,19,32). Por su parte, el conocimiento de sus ciclos de vida, que en muchos casos tienen una duración de pocos días o semanas, permiten realizar estimaciones precisas de su llegada a un entorno, y específicamente a uno cadavérico. Es por ello, que es de suma relevancia la adecuada identificación, y el conocer la etapa de desarrollo, así como el sexo de las distintas especies; todo ello permitirá llevar a cabo una estimación, lo más precisa posible, del tiempo que dicha especie de ácaro

lleva en el sitio o entorno donde ha sido capturada (11,15,20,33,34).

La presencia de determinadas especies de ácaros, puede ser un indicador de la existencia o llegada de su huésped, aunque no lo encontremos en el área explorada, ya que muchas especies tienen una estrecha relación con otros organismos, tanto vertebrados como invertebrados. Esta relación conocida también como foresis, permite a muchas especies de ácaros colonizar y expandirse por amplias áreas geográficas.

La foresis o foresia consiste en el uso de un animal para transportarse a un entorno nuevo, que provea de condiciones más óptimas para su desarrollo, alimentación y reproducción (35). La relación que establecen estos ácaros con los insectos, aporta beneficios para estos últimos, como el ayudar a evitar competencia por espacio y recurso con otros insectos que han llegado primero al cadáver. Es importante tener esto en cuenta, ya que si no se considera, existe la posibilidad de introducir errores en la estimación del intervalo postmortem, por desconocer u obviar su presencia (7, 19).

Muchas especies de ácaros son habitantes regulares del suelo, un ecosistema importante a ser considerado, cuando el cuerpo es depositado directamente sobre éste. De forma general, se sabe que los fluidos producto de la descomposición cadavérica ocasionan cambios drásticos en el suelo y que la fauna que ahí habita, se ve afectada de forma que algunas especies huyen o mueren, por lo que se genera un interesante modelo de sucesión faunística, aspecto que se ha descrito para insectos pero es poco conocido para otros grupos de la fauna edáfica, entre ellos los distintos grupos de ácaros edáficos (33,34). Principalmente, los ácaros oribátidos importantes representantes de la mesofauna edáfica, no sobreviven en el suelo ante los cambios producidos por un cadáver en las distintas etapas del proceso de descomposición. Solo muy pocas especies, las más resistentes son las que soportan estos drásticos cambios y sobreviven, entre ellas representantes de familias como Nothridae, Camisiidae u Oppiidae, especies que también han sido citadas de suelos contaminados (36-39).

Para el estudio de los ácaros asociados a los procesos cadavéricos, Saloña-Bordas y Perotti (40) presentaron una propuesta de la metodología a seguir

tanto para la recolección como preservación de ácaros de interés forense; considerando el pequeño tamaño de los ácaros, y la necesidad de métodos específicos y complementarios a los tradicionales diseñados para recolección de insectos. Mencionaron que, un simple pincel humedecido en alcohol etílico puede ser suficiente para atrapar a los ácaros más minúsculos (eso sí, con un poco de pericia y paciencia). Sin embargo, indicaron la conveniencia de utilizar herramientas que permitirán comprobar posteriormente bajo un microscopio si están o no presentes estos pequeños organismos en el entorno que se está investigando.

Por ello, para contribuir a incorporar esta disciplina dentro de las técnicas de investigación forense, es fundamental establecer un protocolo de actuación ante evidencias acarológicas, tal y como se ha hecho para los insectos (11,12,41,42). Tomando en cuenta que hay especies de ácaros en casi todos los medios terrestres, y en microhábitats específicos; esta elevada especificidad de hábitat puede ser utilizada para explicar movimientos de cadáveres, o contaminaciones cruzadas. Por ello, es necesario extremar las medidas de prevención y protección al recolectar las muestras durante una inspección pericial, la higiene en el sitio de trabajo durante todo el proceso, así como el cuidado en la conservación posterior de las muestras.

Otro aspecto de vital importancia, es considerar que sólo tras la elaboración y conocimiento de los listados de las especies asociadas a restos cadavéricos en diferentes áreas, ya sea continentes, países, estados, municipios etc., se podrá iniciar el registro de los principales indicadores forenses dentro de la Acarología.

En México, se ha iniciado con este trabajo, especialmente con la conformación de la colección albergada en la Escuela Nacional de Ciencias Forenses de la UNAM (CARF), pero aún falta mucho por hacer, siendo este punto uno de los más importantes para las entidades procuradoras de justicia, el poder tener a su alcance dicha información para aplicar al contexto judicial.

Bibliografía

1. Zhang Z-Q. Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness* (Addenda 2013). 2013. Vol. 3703 No.1. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.6>
2. Pérez TM, Guzmán-Cornejo C, Montiel-Parra G, Paredes-León R, Rivas G. Biodiversidad de ácaros en México. *Rev. Mex. Biodiv.* 2014. vol.85 S399-S407. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.36160>
3. Mégnin JP. *La faune des cadavres. Application de l'entomologie à la médecine légale.* Masson Ed, Paris, 1894.
4. Leclercq M, Vaillant F. Entomologie et médecine légale: une observation inédite. *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)* 1992, 28:3-8.
5. Bornemissza, GF. An Analysis of Arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil Fauna. *Australian Journal of Zoology*, 1957, 5(1): 1-12. <https://doi.org/10.1071/ZO9570001>.
6. Brouardel P. De la détermination de l'époque de la naissance et de la mort d'un nouveau-né, faite à l'aide de la présence des acariens et des chenilles d'aglosses dans cadavre momifié [Determination of the time of birth and of death of a newborn child, made using the presence of mites and Aglossa caterpillars on the mummified corpse]. *Ann Hyg Publ Méd Lég (série 3)* 1879, 2:153-158
7. Perotti MA. Mégnin re-analysed: the case of the newborn baby girl. Paris, 1878. *Experimental and Applied Acarology* 2009, 49:37-44.
8. De Jong GD, Hoback WW. Effect of investigator disturbance in experimental forensic entomology: succession and community composition. *Medical and Veterinary Entomology* 2006, 20:248-58.
9. Leclercq M, Vaillant F. Entomologie et médecine légale: une observation inédite. *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)* 1992, 28:3-8.
10. Saloña Bordas MI, Perotti MA. First contribution of mites (Acari) to the forensic analysis of hanged corpses: a case study from Spain. *Forensic Science International* 2014, 244:e6-e11.
11. Arnaldos MI, García MD, Romera E, Presa JJ, Luna A. Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence. *Forensic Science International* 2005, 149:57-65.
12. Arnaldos MI, Luna A, Presa JJ, López-Gallego E, García MD. Entomología Forense en España: hacia una buena práctica profesional. *Ciencia Forense* 2006, 8:17-38.
13. Castillo-Miralbes M. Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). *Monografías SEA* 2002, vol 6, 9-87.
14. O'Connor BM. Astigmatid mites (Acari: Sarcoptiformes) of forensic interest. *Experimental and Applied Acarology* 2009, 49:125-33.
15. Braig HR, Perotti MA. Carcasses and mites. *Exp Appl Acarol* 2009, 49. doi:10.1007/s10493-009-9287-6
16. Goff ML. Gamasid mites as potential indicators of postmortem interval. En Viraktamath CA, Channabasavana GP. *Progress in Acarology*, 1989, 6:443-450.
17. Goff ML. Use of acari in establishing a postmortem interval in a homicide case on the island of Ohau, Hawaii. En Dusbábek E, Bukva V (eds) *Modern Acarology*, 1991, vol 1. pp. 439-442. The Hague: SPB Academic Publishing.
18. Perotti MA, Braig HR. Acarology in Criminological Investigations. The Human Acarofauna during Life and Death. En Byrd JH, Cast-

- ner JL. Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations, pp: 637-649. CRC Press, 2010.
19. Perotti MA, Braig HR. Phoretic mites associated with animal and human decomposition. *Experimental and Applied Acarology* 2009, 49:85-124.
 20. Hoffmann A. Animales desconocidos. Relatos Acarológicos. Fondo de Cultura Económica, México. 1a ed. 1988
 21. Prichard JG, Kossoris PD, Leibovitch RA, Robertson LD, Lovell FW. Implications of Trombiculid Mite Bites: Report of a Case and Submission of Evidence in a Murder Trial. *Journal of Forensic Sciences* 1986, 31:301-306
 22. Quintero MT. Breve introducción a la acarología forense. *Entomología mexicana*. 2012, 1743-1748.
 23. Perotti MA, Goff ML, Baker AS, Turner BD, Braig HR. Forensic acarology: an introduction. *Experimental and Applied Acarology* 2009, 49:3-13.
 24. 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. *Revista Colombiana de Entomología*, 2012, 38 (1): 97-99
 25. Blé CD. Título de la tesis: Ácaros asociados a la descomposición de *Sus scrofa domestica* (Linnaeus, 1758) (Artiodactyla:Suidae) en la Ciudad de Querétaro, 2018, México
 26. Bonilla-Hernández LD, Ojeda-Carrasco M, Chaires-Grijalva MP, Vergara-Pineda S. Acarofauna asociada a la descomposición de *Sus scrofa domestica* (Linnaeus, 1758) en Conca, Querétaro. *Entomología Mexicana*, 2020, 7, 382-388.
 27. Espinosa-Sánchez MY, Ojeda M, Pedraza-Lara C. Riqueza de ácaros asociados al proceso de descomposición cadavérica usando como modelo el cerdo blanco (*Sus scrofa L.*) I Congreso AMXSA, 2018. México.
 28. Bergeret, M. Infanticide. Momification naturelle du cadavre. Découverte du cadavre d'un enfant nouveau-né dans une cheminée où il s'était momifié. Determination of postmortem interval by the use of insect larvae and their metamorphosis. *Ann. Hyg. Méd. Lég.* 1855, 4, 442-452.
 29. Solarz K. Indoor mites and forensic acarology. *Experimental and Applied Acarology* 2009, 49:135-42.
 30. Subías L, Pérez T. Oribátidos (Acari, Oribatida) cavernícolas de España. *Gota a gota* 2013, 1:37-43.
 31. Socarrás A. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes* 2013, 36:5-13.
 32. Frost CL, Braig HR, Amendt J, Perotti MA. Indoor arthropods of forensic importance: insects associated with indoor decomposition and mites as indoor markers. *Current concepts in forensic entomology*, 93-108 (2010)
 33. Saloña Bordas MI, Bahillo de la Puebla P, Díaz Martín B, Sumner J, Perotti MA. *Ixodes ricinus* (Ixodidae), an occasional phoront on necrophagous and coprophagous beetles in Europe. *Experimental and Applied Acarology* 2015, 65:243-248.
 34. Saloña MI, Moraza ML, Carles-Tolrá M, Iraola V, Bahillo P, Yélamos T, Outerelo R, Alcaraz R. Searching the soil: forensic importance of edaphic fauna after the removal of a corpse. *Journal of Forensic Sciences* 2010, 55: 1652-1655.
 35. Camerick AM. Phoresy revisited. En Sabelis MW, Bruin J. Trends in Acarology: Proceedings of the 12th International Congress of Acarology, 2010. pp. 333-336, Amsterdam: Springer.
 36. Behan-Pelletier VM. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication *Agriculture, Ecosystems & Environment* 1999, 7:411-423.
 37. Khalil MA, Janssens TKS, Berg MPB, van Straalen NM. Identification of metal-responsive oribatid mites in a comparative survey of polluted soils *Pedobiologia* 2009, 52:207-221.
 38. Linden DR, Hendrix PF, Coleman DC, van Vliet PCJ, En Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF, Stewart BA (Eds.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication 1994, 35:91-106.
 39. Van Gestel CAM. Soil ecotoxicology: state of the art and future directions. *ZooKeys* 2012, 176:275-296.
 40. Saloña-Bordas MI, Perotti MA. Acarología forense. *Ciencia Forense*. 2015, pp. 91-112
 41. Amendt J, Campobasso CP, Gaudry E, Reiter C, LeBlanc HN, Hall MJ. Best practice in forensic entomology-standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine* 2007, 121(2):90-104.
 42. Amendt J, Anderson G, Campobasso CP, Dadour I, Gaudry E, Hall MJR, Moretti TC, Sukontason KL, Villet MH. Standard Practices. En Tomberlin JK, Benbow ME. *Forensic Entomology. International Dimensions and Frontiers*, pp. 381-398. CRC Press, 2015.

Moscas carroñeras: su importancia y cómo reconocerlas

Alan Cano-Ravell¹, Guadalupe del Carmen Reyes-Solís^{2*}

Adscripción:

¹Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi, Unidad Biomédicas Inalámbrica, Campus de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Yucatán.

* guadalupe.reyes@correo.uady.mx

Datos del artículo

Cita: Cano-Ravell Alan, Reyes-Solís Guadalupe del Carmen. 2023. Moscas carroñeras: su importancia y cómo reconocerlas. Artículo de difusión/divulgación. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(2) Especial: 48-53 pp.

Editor: José Luis Navarrete-Heredia

Recibido: 7 octubre 2022.

Aceptado: 2 febrero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Las moscas suelen ser insectos poco agradables para la mayoría de las personas; sin embargo, realizan funciones importantes en el ecosistema, como, por ejemplo, al alimentarse de cuerpos en descomposición de animales y humanos por igual, lo que permite el ciclaje de materia y energía. Esta función es útil en las investigaciones forenses, ya que las moscas al alimentarse del cadáver durante una parte de su vida pueden resultar ser importantes en las investigaciones criminales estudiando su ciclo de vida. Las familias de moscas carroñeras más estudiadas para estas investigaciones son Calliphoridae, Sarcophagiadae y Muscidae. En esta investigación documental se analizará más a fondo la importancia de estas moscas en las investigaciones forenses y cómo es posible identificarlas fácilmente.

Palabras clave: descomposición, diptera, forense, necrófago

Abstract

Flies are often unpalatable insects to most people, however, they perform vital functions in the ecosystem, such as feeding on the decomposing bodies of animals and humans alike, which allows the cycling of matter and energy. This function is useful in forensic investigations, as flies feeding on the carcass during part of their life may prove to be important in criminal investigations by studying their life cycle. The most studied families of carrion flies for these investigations are the Calliphoridae, Sarcophagiadae and Muscidae. This documentary research will further discuss the importance of these flies in forensic investigations and how they can be easily identified.

Key words: decomposition, diptera, forensic, necrophagous

Introducción

Había una mosca parada en la pared, en la basura, en excrementos y otros sitios realmente desagradables que nos causa cierto repelús (sensación producida por repugnancia, temor o desagrado hacia una cosa), pues es inevitable que, al ver una mosca de largos pelos o una mosca azul brillante, pensemos en todos aquellos sitios que ha recorrido y el sinfín de enfermedades que puede transmitir. Sin embargo, estos insistentes y habilidosos insectos pudieran ser los perfectos protagonistas para resolver investigaciones criminales ya que su presencia sirve como valiosa evidencia por el simple hecho de alimentarse de cadáveres (1,2).

Díptera es el grupo de insectos donde se encuentran moscas, mosquitos, tábanos, entre otros. Se caracterizan principalmente por contar con sólo un par de alas, de ahí el origen de su nombre (di: dos, ptera: ala), ya que el segundo par de alas son órganos llamados halterios o balancines, que no se utilizan para volar, sino para mantener la estabilidad mientras vuelan (Figura 1), una estructura que equivale a la cola de las cometas o a la hélice posterior pequeña de los helicópteros (3).

Este grupo de insectos es uno de los más diversos y ampliamente distribuidos, a nivel mundial se han reportado alrededor de 160,000 especies, de las cuales, aproximadamente 24,075 especies se encuentran en el Neotrópico. Su amplia distribución

les ha permitido adaptarse a diversas condiciones ambientales y a adquirir distintas funciones ecológicas, como en la colonización de hábitats tanto terrestres como acuáticos. Además de pertenecer a la cadena trófica como elemento biótico, también se les ha adjudicado gran importancia médica y económica (4).

Necrófagos por excelencia

Los dípteros tienen una gran variedad de hábitos alimenticios, desde los que se alimentan de plantas (fitófagos) hasta los que se alimentan de sangre (hematófagos). Algunos cumplen un papel fundamental en el proceso de descomposición de tejidos, estos son los dípteros necrófagos. La palabra necrófago proviene de los vocablos griegos nekros (cadáver), phagein (comer) y el sufijo “o” (agente, el que hace la acción), es decir “el que come cadáveres”. Los restos en descomposición forman un microhábitat ideal para el desarrollo de estos organismos, pues provee un sustrato para la oviposición, así como el suficiente alimento para el desarrollo de las larvas (5,6). Debido a esto, los dípteros suelen ser los primeros organismos en localizar y colonizar cadáveres de manera secuencial y por lo tanto son considerados los principales organismos en investigaciones médico-criminales. La presencia de estos insectos en eventos como homicidios, suicidios, violaciones, entre otros, puede brindar las herramientas necesarias en la resolución



Figura 1. Los dípteros tienen dos pares de alas; un par membranoso (ala transparente con venas) y el otro par tiene forma de manija, llamada halterio (flecha dorada)..

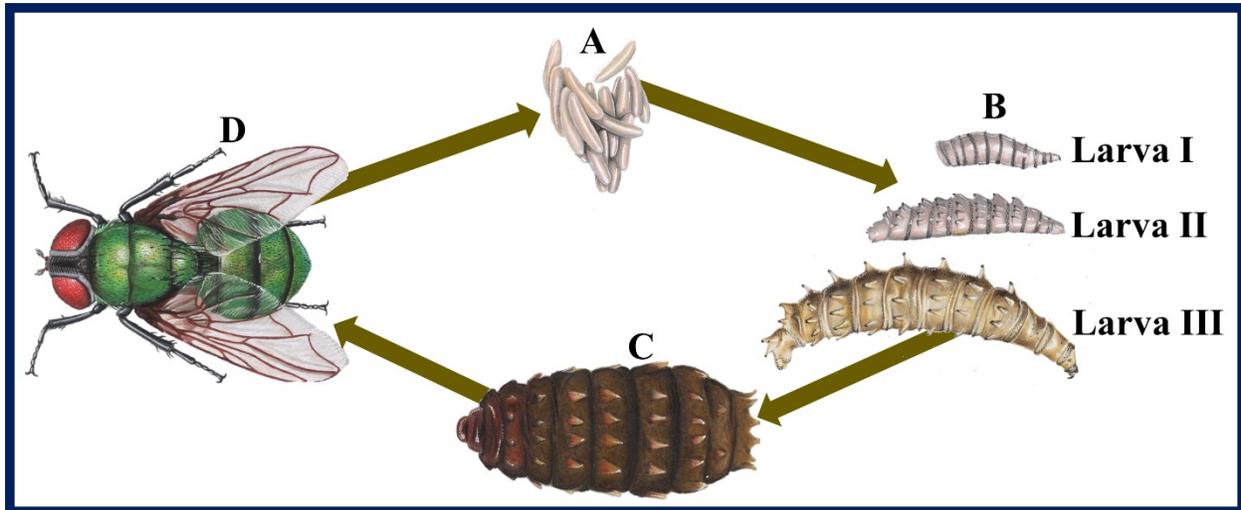


Figura 2. Ciclo de vida de los dípteros: A. Los huevos de díptero tienen una apariencia similar a los granos de arroz, y las hembras los colocan en grupos o por separado en los cadáveres. B. La larva de los dípteros tiene un aspecto vermiforme, es decir, sin patas u otras extremidades y cabeza reducida, casi imperceptible. C. Las pupas de díptero son tipo obectas, esto quiere decir que no se observan las extremidades o el rostro del insecto, solo se observa como una cápsula elíptica. D. Los adultos moscas macho y hembra son los que encuentran la materia orgánica en descomposición para alimentarse y las hembras para ovipositar (poner huevos).

de casos criminales a través de la determinación del intervalo post mortem mínimo (IPMmin), es decir, el tiempo transcurrido entre la muerte hasta el hallazgo del cadáver, así mismo se puede conocer si el cuerpo ha sido trasladado de un sitio a otro o inclusive detectar ADN humano, sustancias y fármacos en los tejidos (1).

Ciclo de vida

Las moscas necrófagas tienen un ciclo de vida llamado metamorfosis completa (holometábola), esto significa que el aspecto que presentan en la etapa adulta es totalmente diferente al del aspecto larvario, y no solo eso, también las larvas viven generalmente en hábitats diferentes a los de los adultos. Su ciclo está constituido por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto (3).

Huevo. Se caracteriza por tener el aspecto de un diminuto grano de arroz de color blanco a crema, que conforme va madurando, se va oscureciendo (Fig. 2A) y puede cambiar hasta un color oscuro. Su tamaño oscila entre 0.8 a 2 mm de longitud. Las hembras ponen entre 6 a 8 huevos, pero hay especies que ponen hasta miles de huevos por puesta. Generalmente son colocados

individualmente o en pequeños grupos en los sustratos que las hembras han seleccionado como apropiados para el desarrollo de sus crías (2).

Larva. Tienen tres estadios larvales que se diferencian por el número de hendiduras en los espiráculos posteriores, es decir, una hendidura para el primer estadio, dos para el segundo estadio y tres para el tercer estadio, así como por el cambio en el tamaño entre cada uno (Figura 2B). El tiempo de crecimiento depende de la temperatura, por ejemplo, ante el aumento de la temperatura, el tiempo de crecimiento podría ser más acelerado y mientras que, con la disminución de la temperatura, este podría retrasarse. Al llegar a la última etapa larval, dejan de alimentarse, algunas especies migran fuera del sustrato alimenticio, donde entran a la siguiente etapa del ciclo (2,7-9).

Pupa. Después de que la larva se haya alimentado lo suficiente, la tercera muda, es decir, el mismo exoesqueleto del estadio larval 3 se endurece formando una cápsula rígida, la cual, puede ser alargada con aspecto de barril. Esta cápsula se llama puparium (Figura 2C), que por lo general es de menor tamaño

que la larva. Es aquí donde se lleva a cabo el proceso en el que se convierte en el adulto (metamorfosis). Iniciaré teniendo un color amarillo crema, que con el pasar de los días se tornará a colores rojo oscuro, marrón o hasta negro (10).

Adulto. De la pupa, emergerá un adulto, la etapa final del ciclo y que observamos frecuentemente, el cual se caracteriza por tener cabeza con ojos grandes, patas y alas visibles, así como órganos reproductores bien desarrollados (Figura 2D) (3).

Moscas carroñeras

Es fundamental realizar una correcta identificación taxonómica de la especie y la escasez de estudios taxonómicos son un gran obstáculo para el conocimiento en cuanto a la distribución y biología de estos insectos. Las familias más importantes de dípteros en las investigaciones forenses son Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae, debido a su gran abundancia y a que sus etapas inmaduras usan los cadáveres como fuente de alimento para su desarrollo,

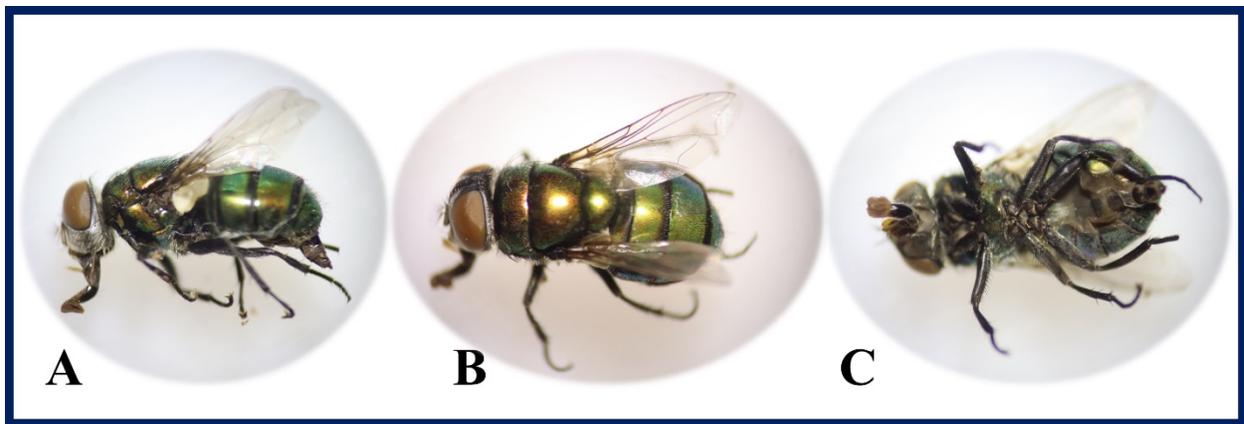


Figura 3. Calliphoridae. Son propiamente las moscas panteoneras de color azul o verde metálico que comúnmente vemos. A. vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

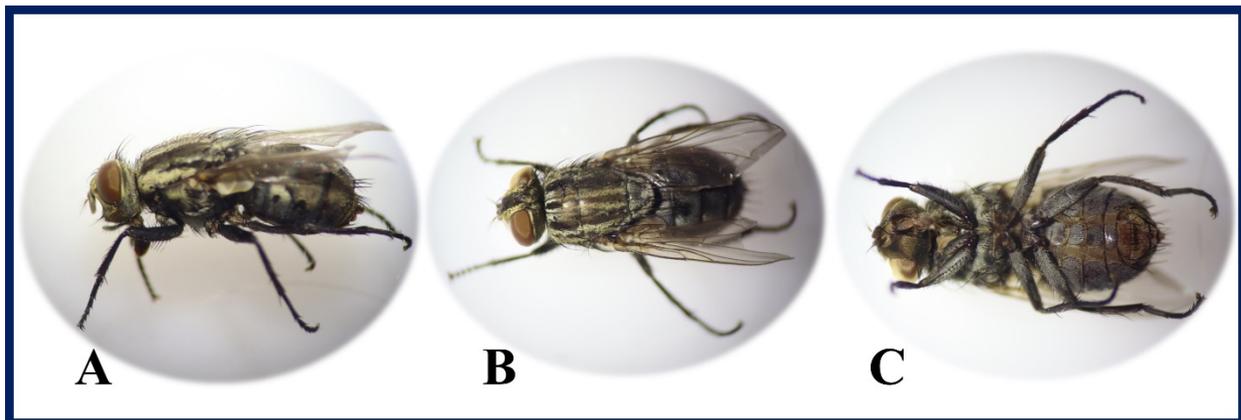


Figura 4. Sarcophagidae. Son conocidas como moscas de la carne, porque también llegan a los cadáveres. A. vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

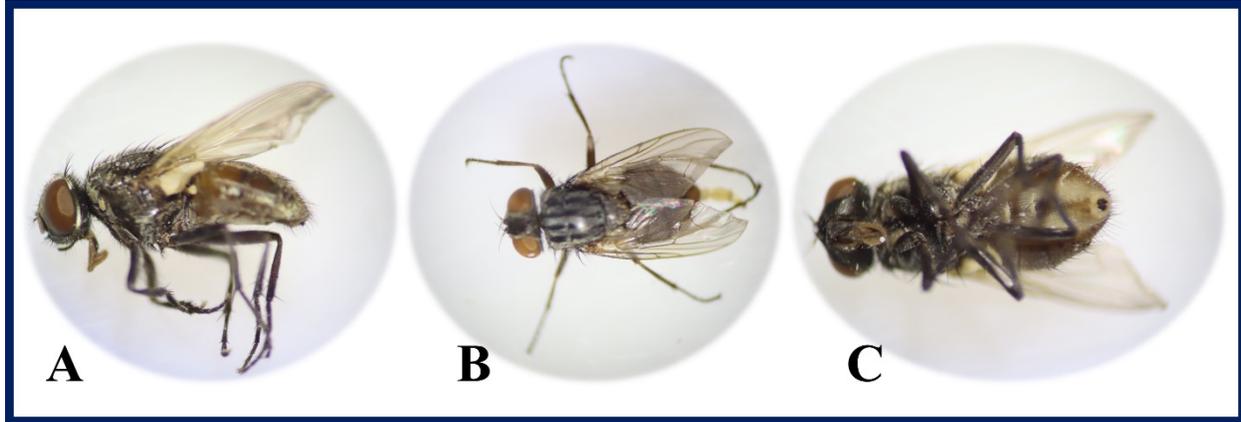


Figura 5. Muscidae, es la familia de la mosca común, que vemos mayormente en el interior de las casas. A. vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

estas familias son consideradas los descomponedores más importantes (11).

Calliphoridae: Son aquellas moscas de color verde o azul metálico (Figura 3), las primeras en detectar y colonizar restos animales y humanos, presentándose en tan solo minutos después del deceso. Las hembras adultas llegan al cadáver a colocar sus huevos en orificios naturales del cuerpo, como nariz, boca, ojos, ano, vagina, así como áreas de trauma como laceraciones, atraídas por la exposición de los fluidos corporales (sangre). Al eclosionar, las larvas comienzan repentinamente a alimentarse del cadáver. Son las larvas de esta familia de moscas que mayormente se emplean para estimar el IPMmin (1,12).

Sarcophagidae: Se trata de moscas robustas y grises de aspecto peludo que se presentan con tres rayas negras en el tórax y patrón ajedrezado en el abdomen (Figura 4). Con frecuencia se encuentran en tejidos en descomposición situados en ambientes interiores, las hembras depositan larvas de primer instar en los cadáveres, por lo que se tiene que tomar en cuenta esta información al momento de calcular el IPMmin (1,13).

Muscidae: Son moscas grises con cuatro rayas negras en el tórax, algunas de colores metálicos y de hábitos alimenticios variados (Figura 5). Son de gran importancia forense debido a su amplia distribución y

estrecha asociación con el hombre y zonas urbanizadas, además de que suelen llegar a los cuerpos después de los califóridos y sarcófagidos. Las larvas se alimentan directamente de carroña, pero en algunas especies muestran un comportamiento depredador a medida que maduran, por lo que pueden afectar a la fauna de los cadáveres al alimentarse de los huevos y larvas de otras moscas carroñeras (1).

Intervalo post mortem mínimo

El cálculo del IPMmin se puede realizar basándose en la edad y desarrollo de las etapas inmaduras, encontradas en el cadáver, principalmente de las larvas de moscas, ya que son las que se alimentan del cadáver en descomposición. El análisis de las etapas inmaduras de la mosca, es decir, los huevos, larvas y pupas colectados en los cadáveres puede ayudar a los investigadores a la estimación de este intervalo. La duración del desarrollo de estas etapas depende de la especie y de las condiciones ambientales locales. El examen del tiempo de crecimiento de los estados inmaduros de la mosca se puede interpretar como el tiempo de asociación de las moscas con el cadáver, este es el IPMmin (1,11,14).

Sitio de deceso

En ciertos casos, puede suceder que las especies de moscas que se encuentren en el cadáver no pertenezcan a las especies del sitio de hallazgo (donde se encontró el cadáver), estos datos son un exacto indicador de que el crimen fue cometido en otro lugar, ya sea en un lugar de los hechos, por lo que es posible inferir que se trasladó el cuerpo (lugar de enlace). Esto se puede determinar debido a que la distribución y diversidad de dípteros llega a estar relativamente definida o inclusive ser específica (endemismo) en distintas zonas, ya que los dípteros presentes se asocian a sus hábitats naturales tanto geográficos como estacionales, por ejemplo: un cuerpo sin vida que se hallara en una zona rural con especies de dípteros de una zona urbana o viceversa (1,15).

Conclusión

Los dípteros necrófagos son organismos importantes en el reciclaje de la materia orgánica muerta procedente de los animales y vegetales, incrementando la tasa de la descomposición, cumpliendo funciones en la naturaleza posiblemente insustituibles por otros organismos. Resumiendo, las moscas carroñeras son los “barrenderos” de la naturaleza, encargados de la limpieza del ecosistema, y debido a este comportamiento son empleados e imprescindibles en las investigaciones criminales, ya que pueden aportar información acerca del hecho delictivo.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a los Dres. Ariadna Rodríguez-Castro y Humberto Quiroz-Martínez por su apoyo en la determinación de ejemplares entomológicos. A la Biol. Ana Tuyin Díaz, por su apoyo durante las colectas y determinación de los ejemplares entomológicos. A la LTS. Martha Zacarías Pérez, por su apoyo durante la realización del proyecto.

Bibliografía

1. Byrd JH, Tomberlin JK. Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigations. 3a ed. Boca Raton, FL: Chemical Rubber Company press, Taylor & Francis Group; 2020. 1–585 p.
2. Salas FC, Larraín SP. Identificación y control integrado de moscas con importancia médica y veterinaria presentes en la Región Arica y Parinacota, Chile. Boletín INIA No. 249. Ururi, Altica, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena y Centro de investigación del Desierto y Altiplano.; 2012. 72.
3. Carles-Tolrá Hjorth-Andersen M. Orden Diptera. Revista Ibero Diversidad Entomológica [Internet]. 2015;(63):1–22.
4. Rojas-Sandino LD, Reinoso-Flórez G, Vásquez-Ramos JM. Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia. Biota Colombiana. 2018 Jun 15;19(1):70–91.
5. Horenstein MB, Arnaldos ML, Rosso B, García MD. Estudio preliminar de la comunidad sarcosaprófaga en Córdoba (Argentina): aplicación a la entomología forense. Anales de Biología. 2005;27:191–201.
6. Remedios M, Martínez M, González-Vainer Pa. Estudio preliminar de los dípteros asociados a cebos de estiércol y carroña en un bosque serrano de Sierra de Minas, Uruguay. Acta Zoológica Mexicana. 2012;28(2):378–90.
7. de Paz SG. Control de mosca doméstica (*Musca domestica*) en el raquis de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), diagnóstico y servicios realizados en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Altaverapaz, Guatemala C.A. (Tesis de licenciatura). Guatemala; 2014.
8. Thyssen P. Keys for Identification of Immature Insects. In: Amendt J, Goff ML, Campobasso CP, Grassberger M, editors. Current Concepts in Forensic Entomology. Universidade Estadual Paulista (UNESP); 2010. p. 25–42.
9. Villegas H. Mosca domestica biología y control. Artrópodos y Salud. 2017;8(2):11–29.
10. Sanchez-Arroyo H, Capinera JL. House fly, *Musca domestica* Linnaeus (Insecta: Diptera: Muscidae) 1. IFAS Extension. Florida; 2017.
11. Andrade-Herrera KN, Mello-Patiu CA, Núñez-Vázquez C, Estrella E. Flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) attracted to a snake carcass (*Boa Constrictor*) in Yucatan Peninsula, Mexico. Journal of Medical Entomology. 2020 Nov 1;57(6):2011–5.
12. Amat E, Vélez MC, Wolff M. Clave ilustrada para la identificación de los géneros y las especies de califóridos (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. Caldasia. 2008;30(1):231–44.
13. Aballay FH, Fernández CF, Mulieri PR, Urquiza S v. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en la puna de Catamarca, Argentina: la ovoviviparidad como ventaja en condiciones de extrema aridez. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 2011;70(34):255–66.
14. Aballay FH, Murúa AF, Acosta JC, Centeno N. Primer registro de artropodofauna cadavérica en sustratos humanos y animales en San Juan, Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 2008;67(3–4):157–63.
15. Catts EP, Goff ML. Forensic entomology in criminal investigations. Annual Review of Entomology. 1992;37(1):253–72.

La colección entomológica del centro de estudios en zoología (CZUG), CUCBA, Universidad de Guadalajara: su relevancia en las ciencias forenses

José L. Navarrete-Heredia^{1*}, Jessica B. López-Caro¹, Georgina A. Quiroz-Rocha¹

Adscripción:

¹Centro de Estudios en Zoología, CUCBA, Universidad de Guadalajara

* glenusmx@gmail.com

Datos del artículo

Cita: Navarrete-Heredia José L, López-Caro Jessica B, Quiroz-Rocha Georgina A. 2023. La Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología (CZUG), CUCBA, Universidad de Guadalajara: su relevancia en las ciencias forenses. Artículo de difusión/ divulgación. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(2) Especial: 54-61 pp.

Editor: Carlos Pedraza-Lara

Recibido: 14 octubre 2022.

Aceptado: 26 enero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Se presenta información sobre la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología (CZUG). Se describe la relevancia de ésta en la Ciencia Forense así como algunas de las actividades de investigación relacionadas con esta temática.

Palabras clave: coleoptera, escarabajos, necrócolos, necrobios, necrófilos, necroxenos, taxonomía, entomología forense.

Abstract

Information on the Entomological Collection from Centro de Estudios en Zoología (CZUG) is provided. Specific details of their relevance for Forensic Science and notes on some activities on this subject of research are described.

Key words: coleoptera, beetles, necrocolous, necrobious, necrophiles, necroxens, taxonomy, forensic entomology.

Introducción

La colección entomológica del Centro de Estudios en Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, inició su proceso de formación en la segunda mitad del año 1993, fecha en la que, dos de los autores (JLNH y GAQR) se incorporaron a la institución. Este proceso se consolidó en 1995 con el apoyo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) a través de un proyecto para la adquisición de mobiliario entomológico y un microscopio estereoscópico. En ese entonces, se adquirieron cuatro muebles entomológicos diseñados especialmente para albergar 240 cajas entomológicas tipo Cornell. Desde 1995 y hasta la fecha, la colección ha ocupado tres espacios dentro de las instalaciones del Centro Universitario, hasta llegar a donde se encuentra en la actualidad (Figuras 1-4).

El trabajo de campo se inició con la participación de tres estudiantes de la licenciatura en biología, cuyos intereses estaban centrados en mariposas diurnas (Ignacio Baez Zselepka), abejas silvestres (Hugo E. Fierros López) y hormigas (David Pérez Politron). Los primeros dos concluyeron su trabajo de tesis titulándose en 1996.

El primer trabajo publicado, derivado de las actividades de esta primera etapa, apareció en *Folia Entomológica Mexicana* (1) y fue la versión publicada del trabajo de tesis de Fierros-López.

Con el paso de los años se fueron incorporando estudiantes de licenciatura y posgrado, participando en proyectos con hormigas, abejas silvestres y escarabajos. Actualmente, la colección entomológica cuenta con cuatro profesores de tiempo completo enfocados a tres grupos de insectos: escarabajos asociados a materia orgánica en descomposición, hormigas y abejas silvestres.

Como responsable de la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología (CZUG) hemos denominado a ésta como Patrimonio Natural Universitario y se encuentra registrada ante la SEMARNAT como Colección Entomológica, clave: JAL.INV.109.0401.

Espacio e infraestructura de la colección entomológica

La colección se ubica en un área de 60 m². Cuenta con aire acondicionado y deshumificadores. Anexo a la colección existe un espacio de trabajo para profesores y estudiantes además de una sección reservada al trabajo de fotografía con microscopio estereoscópico. Se cuenta con 12 microscopios estereoscópicos disponibles para estudiantes y profesores asociados a la colección.

Grupos de insectos presentes en la Colección Entomológica CZUG

En la colección existen representantes de varios grupos de insectos, muchos de ellos determinados por especialistas tanto nacionales como del extranjero. Se tienen ejemplares de Blattodea, Mantodea, Orthoptera, Odonata, Hemiptera, Zoraptera, Coleoptera, Strepsiptera, Lepidoptera e Hymenoptera, sin embargo, la mayor diversidad y mayor nivel de curación se encuentra en los órdenes Coleoptera e Hymenoptera.

Los ejemplares están conservados en seco, montados en alfileres entomológicos y conservados en cajas entomológicas tipo Cornell. Se cuenta con nueve muebles de metal especialmente diseñados para cajas Cornell y tres muebles de madera para cajas entomológicas de madera. Se tiene además una colección en alcohol que se encuentra albergada en nueve muebles (seis de metal y tres de madera) (Figuras 1-5). Adicionalmente se cuenta con dos colecciones especializadas que se donaron a la colección.

Colección Tomás G. Zoebisch

En diciembre de 2004 la colección personal del Dr. Tomás G. Zoebisch fue donada a la colección por parte de su hija Melissa Zoebisch Olvera. El Dr. Zoebisch estudio biología en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México y obtuvo los grados de maestría y doctorado en entomología por la Universidad de Florida, Gainesville, Estados Unidos. La colección está integrada por 3,790 ejemplares, pertenecientes a 31 familias y 436 especies. Las familias mejor representadas son Scarabaeidae y Carabidae (2).



Figuras 1-4. Vista general de la colección. 1-2. Muebles metálicos con cajas tipo Cornell. 3-4. Vista frontal de mueble de madera y metálico con muestras en líquido.

Tabla 1. Clasificación de la artrópofauna asociada a cadáveres (3). Las familias incluidas en cada categoría no necesariamente corresponden a todas las especies..

NECROCOLOS: incluye a todas las especies que están asociadas a carroña. Se les encuentra directamente en cadáveres o se colectan con necrotrampas. Se reconocen tres categorías.

Necrobios: especies que tienen una marcada dependencia por la carroña. Las larvas y adultos la utilizan como alimento. Se incluyen aquí las especies necrófagas. Trogidae, Silphidae, Dermestidae, Cleridae.

Necrófilos: especies que se encuentran en la carroña para alimentarse de otros insectos o bien cuando la carroña se encuentra invadida por microorganismos; generalmente el cadáver se encuentra licuefacto. Se divide en dos subcategorías:

Necrófilos saprófagos: especies que aunque se alimentan de carroña, en general consumen materia orgánica en descomposición cuyo origen puede ser animal, vegetal o fúngico. Se incluyen aquí las especies copronecrófagas, coprófagas y en general todas aquellas que se alimentan de materia orgánica en descomposición. Nitidulidae, Scarabaeidae.

Necrófilos depredadores: especies que aprovechan la presencia de presas (necrobios o necrófilos saprófagos) en la carroña. Staphylinidae.

Necroxenos: Especies que ocurren en la carroña de manera accidental. Sus hábitos y hábitats son diferentes a la carroña, aunque cercanos a la misma, por ejemplo, hojarasca, flores, hongos o bien son atraídos por el alcohol. Chrysomelidae, Curculionidae.

Colección Raúl Muñiz

En diciembre de 2009, la colección especializada de Curculionoidea fue donada por su hijo Raúl Muñiz Martínez. Con más de 50 años de labor como especialista de ese grupo de escarabajos, la colección personal del Maestro Muñiz es una de las más importantes del grupo a nivel nacional. La mayor parte de los ejemplares son mexicanos, pero también se tienen de otros países, particularmente de algunos países del continente americano.

Colección de tipos

Como parte del trabajo taxonómico, colección cuenta con ejemplares que han sido utilizados para describir especies nuevas. Muchos de los especímenes tipo pertenecen al orden Coleoptera, aunque también se tienen ejemplares de Strepsiptera e Hymenoptera. Algunos de los especímenes (Figura 6) se han colectado con necrotrampas utilizando como cebo calamar o pulpo en descomposición.

La colección entomológica y las ciencias forenses

El personal de la Colección Entomológica ha tenido una participación ocasional como perito

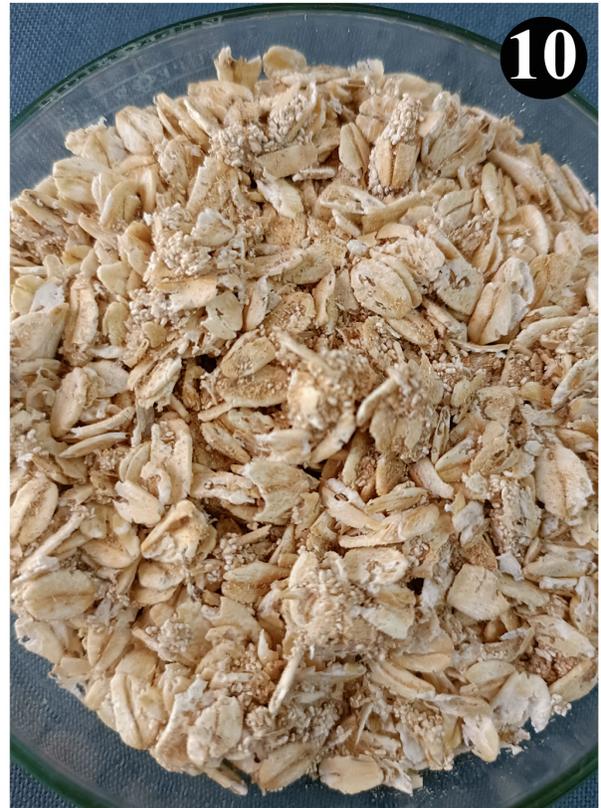
o prestador de servicios profesionales. En todos los casos, ésta ha sido exclusivamente en el ámbito de la entomología forense de productos almacenados o productos procesados: insectos en cereales y semillas, dulces, productos derivados del cacao o productos derivados de chiles secos (Figuras 7-11). En estos casos, la consulta ha sido para determinar el tipo de insectos encontrados en las muestras con la finalidad de plantear los tiempos y origen de la contaminación del producto. En muchas ocasiones, el material revisado han sido especies pertenecientes al orden Coleoptera. En contadas ocasiones han sido especies de Lepidoptera.

Nula ha sido la experiencia como prestadores de servicios profesionales en casos de investigación criminalística. Sin embargo, durante más de 20 años, se han desarrollado proyectos sobre la composición de algunos insectos asociados a materia orgánica en descomposición, particularmente escarabajos colectados en: excremento, hongos y animales o partes de animales. Con base en estos trabajos se han elaborado algunas publicaciones, particularmente inventarios utilizando necrotrampas (3,6,9), inventarios utilizando cadáveres animales (4-5) o propuestas metodológicas con diseño de trampas (7-8). Al mismo tiempo se ha logrado formar una colección importante de insectos asociados a materia orgánica en descomposición, incluyendo aquella de origen animal.

Una contribución relevante en el ámbito de la entomofauna asociada a materia orgánica en descomposición fue la propuesta de una clasificación



Figuras 5-6. Vista parcial de especímenes montados en seco: 5. *Nicrophorus mexicanus* Matthews, 6. Paratipos de *Dissochaetus navarretei* Gnasplini. 7-8. Muestras de productos almacenados analizados: 7. Complemento de proteínas, 8. Galleta de barquillo.



Figuras 9-10. Muestras de avena contaminadas con *Orizaephilus surinamensis* (Linnaeus).
11. Muestra de chile seco contaminado con *Lasioderma serricorne* (Fabricius). 12. Restos de cadaver vacuno con presencia de *Necrobia rufipes* (De Geer).

Tabla 2. Familias de Coleoptera necrócolos representados en la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología.

Anobiidae	Cryptophagidae	Melandryidae
Anthicidae	Cucujidae	Melyridae
Archeocrypticidae	Curculionidae	Mycetophagidae
Biphylidae	Dermestidae	Nitidulidae
Brentidae	Elateridae	Nosodendridae
Buprestidae	Endomychidae	Phalacridae
Cantharidae	Geotrupidae	Ptiliidae
Carabidae	Histeridae	Scarabaeidae
Ceratocanthidae	Hybosoridae	Silphidae
Chrysomelidae	Hydraenidae	Silvanidae
Ciidae	Laemophloeidae	Staphylinidae
Cleridae	Latridiidae	Tenebrionidae
Coccinellidae	Leiodidae	Trogidae
Colydiidae	Lepiceridae	

de los insectos asociados a materia orgánica de origen animal como alternativa a las clasificaciones existentes. Dicha propuesta, además de partir de la idea de que los escarabajos habitan en cadáveres, combina la función o papel que desempeñan en ese microambiente (Tabla 1).

En este contexto y por su relevancia para entomología forense, la colección cuenta con ejemplares determinados a nivel de familia, género o especie de 41 familias de Coleoptera (Tabla 2), siendo Silphidae, Scarabaeidae, Trogidae, Staphylinidae, Histeridae, Nitidulidae, Dermestidae, Hydrophilidae y Carabidae, las de mayor representación. Aunque la mayoría de estos insectos proceden de colectas con necrotrampas o colecta directa en cadáveres animales (Figura 12), contar con estos ejemplares como referencia permite conocer y determinar de manera más sencilla a las especies encontradas en cadáveres humanos, facilitando el trabajo taxonómico de la fauna colectada en casos de importancia forense.

Dentro de los logros destacados del trabajo en la colección y de relevancia forense, es importante mencionar, la elaboración de una sinopsis con claves para la determinación de las especies de coleópteros de la familia Silphidae de México (10), así como una guía para los Staphylinidae de México (11), incluyendo claves para los géneros registrados para el país, además de otras publicaciones sobre diversidad local (3,6,9), generando listas de especies para condiciones particulares, principalmente tipos de vegetación y altitud.

Recientemente, JBLC ha trabajado en la sucesión de coleópteros en cadáveres de cerdo para generar información potencial para investigaciones de índole forense. Participa también como profesor de la asignatura de entomología forense de la Licenciatura en Criminología, Criminalística y Técnicas Periciales, en el Centro Libre de Estudios Universitarios (CLEU), así como en la Universidad de Guadalajara impartiendo la misma asignatura en la Licenciatura en Ciencias Forenses del Centro Universitario de Tonalá, en donde GAQR es la titular. Como parte de su labor docente, se han organizado visitas grupales a la Colección Entomológica (CZUG), con la finalidad de que los estudiantes conozcan la estructura, organización e importancia de una colección entomológica. Como resultado, los visitantes han reconocido la importancia de las colecciones entomológicas para el futuro ejercicio práctico de su profesión. En palabras de los estudiantes “las colecciones entomológicas sirven para cotejar la información que se está recabando en una investigación”.

Consideraciones finales

El personal de la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología ha participado principalmente en el ámbito de insectos asociados a productos almacenados y en la generación de información taxonómica para insectos asociados a cadáveres animales. La colección de insectos colectados

en cadáveres de animales silvestres y con necrotrampas, ha permitido formar un acervo de referencia sobre especies de coleópteros necrócolos que pueden ser de utilidad en investigaciones criminalísticas. Se tiene además, una colección de dípteros colectados en cadáveres de cerdos. Se tienen avances taxonómicos importantes, pero es importante fortalecer los vínculos para incrementar el nivel curatorial de la misma. Finalmente, es importante establecer vínculos entre la academia y las autoridades correspondientes para fortalecer los argumentos que permitan esclarecer los diferentes casos en los que los insectos brindan información adicional. La entomología forense en el estado de Jalisco y en el país, debe ser considerada como una necesidad prioritaria tanto para fines de investigación como de su aplicación directa en las ciencias forenses.

Bibliografía

1. Fierros-López HE. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del volcán de Tequila, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mex.* 1998;(102):21–70.
2. González-Hernández AL, Navarrete-Heredia JL. Colección Tomás G. Zoebisch asociada al Centro de Estudios en Zoología, Universidad de Guadalajara. *Acta Zoológica Mex.* 2011;27(2):463–83.
3. Naranjo-López AG, Navarrete-Heredia JL. Coleópteros necrócolos (Histeridae, Silphidae y Scarabaeidae) en dos localidades de Gómez Farías, Jalisco, México. *Rev Colomb Entomol.* 2011;37(1):103–10.
4. González-Hernández AL, Navarrete-Heredia JL, Quiroz-Rocha GA, López-Caro JB. Coleópteros (Scarabaeidae, Trogidae y Silphidae) asociados a un cadáver de lechón *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758) en el Bosque los Colomos, Guadalajara, Jalisco. *Acta Zoológica Mex.* 2013;29(1):252–4.
5. López-Caro JB, Quiroz-Rocha GA, Navarrete-Heredia JL, Hernández B. Coleópteros necrócolos en cadáver de reptil, ave y mamífero en un Bosque de Pino perturbado y en una zona de cultivo de maíz en Zapopan, Jalisco, México. *Dugesiana.* 2016;23(1):3–14.
6. González-Hernández AL, Navarrete-Heredia JL, Quiroz-Rocha GA, Deloya C. Coleópteros necrócolos (Scarabaeidae: Scarabaeinae, Silphidae y Trogidae) del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México. *Rev Mex Biodivers.* 2015;86(3):764–70.
7. Rodríguez W, Navarrete-Heredia JL. Modificación de la necrotrampa permanente (NTP-80) para la recolecta de estafilínidos necrócolos (Coleoptera: Staphylinidae) y aspectos metodológicos para estudios sistemáticos. *Boletín SEA.* 2014;(55):147–52.
8. López-Caro JB, Quiroz-Rocha GA, Vásquez-Bolaños M, Navarrete-Heredia JL. Coleópteros Asociados a Cadáveres de Mamíferos: Diseño de una Jaula para la Protección de Cadáveres Durante el Muestreo de Artrópodos Necrócolos. *Southwest Entomol.* 2019;44(3):659-66.
9. Rodríguez WD, Navarrete-Heredia JL, Klimaszewski J. Rove beetles collected with carrion traps (Coleoptera: Staphylinidae) in Quercus forest of Cerro de García, Jalisco and Quercus, Quercus-pine, and pine forests in other jurisdictions of Mexico. *Zootaxa.* 2018;4433(3):457–77.
10. Navarrete-Heredia JL. Silphidae (Coleoptera) de México: Diversidad y distribución. 1st ed. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara; 2009. 158 p.
11. Navarrete-Heredia JL, Newton AF, Thayer MK, Ashe JS, Chandler DS. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Illustrated guide to the genera of Staphylinidae (Coleoptera) of Mexico. 1st ed. México D. F.: Universidad de Guadalajara y Conabio; 2002. 401 p.

La bioética en el ámbito Forense

Marta I. Saloña-Bordas^{1*}, M. Alejandra Perotti²

Adscripción:

¹Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

²School of Biological Sciences, University of Reading

* m.salona@ehu.eus

Datos del artículo

Cita: Saloña-Bordas Marta, Perotti Alejandra M. 2023. La Bioética en el ámbito Forense. Artículo de difusión/ divulgación. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(2) Especial: 62-71 pp.

Editor: Margarita Ojeda Carrasco

Recibido: 27 octubre 2022.

Aceptado: 31 enero 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

En 1971, Van Rensselaer Potter propone el término Bioética ante la necesidad de combinar el conocimiento biológico con nuestro sistema de valores. En 1988 reedita su obra, revisando el término ante la deficiente orientación hacia la que había evolucionado. Su demanda de una Bioética global va más allá de enfoques sanitarios y de una calidad de vida desahogada llevada a cabo en países desarrollados, y abarca todos los aspectos de nuestra vida. Por ello, el ámbito forense no puede desentenderse de la necesidad de educar en valores a los futuros peritos y científicos. Es más, como ciudadanos de un mundo parcial y tendenciosamente globalizado, no podemos ignorar la necesidad de revisar nuestros estándares de calidad y nuestro modelo de vida y de desarrollo, tanto a nivel antropocéntrico, como sensocéntrico y ecocéntrico. Por ello, se revisa nuestra actitud desde la inspección de un caso forense y el procesado de las muestras, hasta la elaboración del informe final, la redacción y presentación de nuestras conclusiones durante un juicio, o la publicación de los resultados de una investigación.

Palabras clave: bioética, forense, concepto, educar en valores

Abstract

In 1971, due to the scarcity of ethical values in biomedical sciences, Van Rensselaer Potter proposed the term Bioethics. Later, in 1988, he revised, updated, and refocused his work, aiming towards a global bioethical framework, going further than the original vision of human health -especially within the easy lifestyle of developed countries. He incorporated bioethics to all aspects of human life. In this respect, forensic work is not excluded from Potter's paradigm. The instruction, the education of future forensic scientists must include it. Therefore, as citizens of a partialized and globalised world, we must review the quality of our own life standards and how they evolve at three levels: anthropocentric, sensocentric and ecocentric. This work looks at our own bioethical attitudes in relation to the procedures followed in a forensic case, from the processing of samples to the final report, to the work at court as witness experts as well as the publication of the forensic investigation in a scientific journal.

Key words: bioethics, forensic, environmental values, education

Introducción

Cuando en 1971, Van Rensselaer Potter propone el término Bioética lo hace ante la necesidad de combinar el conocimiento biológico adquirido hasta la fecha con nuestro sistema de valores. Preocupado por la creciente segregación entre las ciencias y las “letras”, intenta ayudar a construir un puente entre las humanidades y los avances biológicos, destacando la necesidad de conectar “...*biological knowledge with human value systems that will build a bridge between the sciences and the humanities.*” (1). Los países autodenominados “desarrollados” han ido reduciendo el mensaje de Potter, oncólogo de profesión, al ámbito médico, abordando temas como la eutanasia, el aborto, los derechos del paciente, etc., que han permitido mejorar considerablemente nuestra calidad de vida y la relación con los profesionales sanitarios, la toma de decisiones sobre nuestra propia vida y nuestro cuerpo, nuestras propiedades, etc. Una simple búsqueda bibliográfica con el término “Bioética” en buscadores de referencia, como Science Direct, nos mostrará la orientación casi exclusivamente biomédica de los artículos que son seleccionados. Pero, cuando una persona no puede acceder a recursos y servicios sanitarios básicos, esta visión tan limitada del concepto de Bioética le resulta distante y alejada de sus prioridades (2). Como una ambigüedad estratégica, “*A strategic ambiguity*”, así denuncia Potter, en su segunda edición, esa simplificación ambigua de su mensaje (3) ante la discordancia imprevista que se fue desarrollando entre la ética médica y la ética ambiental. Pregunta, como oncólogo, si no seremos el cáncer de nuestro planeta “... *is it man's fate to be to the living Earth what cancer is to Man?*” (3). El actual modelo de globalización económica no es sino otra sibilina manera de depredar recursos naturales procedentes de antiguas colonias catalogadas como “países en vías de desarrollo”, a quienes se les dificulta el acceso a sus recursos más básicos y se les entretiene en conflictos por la posesión de sus tierras y sus propios recursos naturales (4,3 entre otros). La humanidad ha desarrollado una división econocéntrica entre un Norte Global (Global North) y un Sur Global (Global South) basada en divisiones que atienden a políticas de hipotéticos derechos económicos de privilegio, donde el Sur Global no dispone de los

privilegios de desarrollo social, económico, político y cultural (5). A esto se suman retrasos en innovación tecnológica y ciencia en el Sur Global, generando una dependencia persistente del Norte Global (6,7). Esta división del mundo en dos, la cual no se explica con la ubicación geográfica de los países de los dos grupos, está directamente vinculada a la colonización, y tiene connotaciones eurocéntricas, conducentes a la dominación del Sur Global. Un ejemplo es Australia, la que se encuentra en el hemisferio sur, si bien está incluida en el Norte Global (5).

Tres libros pueden encontrarse en las principales bibliotecas, tres obras maestras que nos introducen en el concepto global de la Bioética y liga nuestro destino al destino de otros organismos que habitan nuestro planeta. Así, Lynn White en 1967 (8), denuncia las raíces de nuestra actual crisis ecológica en “*The Historical Roots of Ecological Crisis*”; Garrett Hardin, en 1968 con “*The tragedy of Commons*” (9) pone de manifiesto nuestra dificultad para asumir nuestros propios compromisos. Finalmente, Aldo Leopold, en 1949 con su breve pero clarividente obra “*The Land Ethic*” (10) denuncia los cambios observados en su entorno durante su vida profesional, un breve lapso de tiempo en la historia de nuestro planeta. La obra permanece en el olvido hasta ser reeditada en 1970, tras enlazar los contenidos de las tres obras y ver el hilo conductor que nos lleva hacia un concepto global de la Bioética que afecta a todos los ámbitos profesionales de nuestra vida, no solo los biomédicos (1,3). Tres obras que, quizás, deberíamos incluir entre nuestras lecturas prioritarias.

En definitiva, y centrándonos en ámbito forense, en los delitos pueden ir más allá del asesinato físico de un individuo, pudiendo llegar a condenar a determinadas culturas a su extinción por intereses económicos o políticos. Surgen así nuevas disciplinas, como la ciencia forense ambiental, para investigar daños que afectan a nuestros derechos básicos como personas (11), como son el derecho a la vida, a la salud o los recursos naturales.

La entomología, junto a la acarología forense, no debería limitarse a establecer la fauna asociada a restos cadavéricos o utilizar sus patrones de desarrollo para estimar el intervalo postmortem (12,13,14). De hecho, el propio Potter, revisa su concepto basado en el

legado de Aldo Leopold (1887-1948), ingeniero forestal cuyas reflexiones sobre la evolución del paisaje que observa a lo largo de su vida laboral se consideran la base de una visión ambientalista de la bioética, que ha sido denominada ética ambiental, como si el entorno pudiera disociarse de la vida y del derecho a ésta. En consecuencia, cualquier agresión al medio natural que afecte al bienestar y a la salud de un individuo o de un grupo social o étnico y ponga en peligro su supervivencia, atenta contra los principios básicos de la declaración universal de los derechos humanos (15).

El hurto del patrimonio natural y cultural, denominado biopiratería, eleva a la categoría de delito el tráfico de especies, y su investigación amplía las competencias de la entomología y de la acarología forense más allá del ámbito cadavérico (Figura 1). Agresiones como la introducción de especies exóticas que pongan en peligro la supervivencia de la fauna y flora locales, la sustracción de muestras biológicas sin las debidas autorizaciones de las autoridades locales, la

publicación de resultados a partir de dichas muestras, o las patentes biológicas que roban los derechos históricos indígenas deben ser denunciadas, perseguidas y juzgadas por los tribunales competentes. Esto amplía el ámbito de competencias de la entomología y acarología forense y los conocimientos a adquirir por parte de los peritos responsables de su investigación.

Las disciplinas de entomología y acarología en el ámbito forense

Para delimitar el ámbito de actuación de una disciplina científica debemos establecer correctamente los términos que la definen, y tanto en entomología como en acarología forense el debate se establece tanto para los conceptos de “entomología y acarología” como para el concepto “forense”.

Analizando etimológicamente el término entomología, el conflicto se plantea ante el deber de



Figura 1. Ámbitos de actuación de la entomología y de la acarología forense.

limitarnos a los insectos *sensu stricto* o de considerar también a otros hexápodos apterigotas, o incluso a otros artrópodos. Tanto la entomología como la acarología forense no se limitan al ámbito terrestre. En entornos acuáticos, especialmente en medio marino, los protagonistas bien pueden ser otras especies de invertebrados, incluidos artrópodos (16).

Cuando Jean Pierre Mégnin (1828-1905), considerado precursor de la entomología forense, publica su obra de referencia “*La faune des cadavres*” incluye a los ácaros en sus oleadas de sucesión (17); es más, una de las oleadas la protagonizan exclusivamente los ácaros. Sin embargo, estos microartrópodos rara vez han citado en estudios sobre fauna cadavérica (18). La actuación de la acarología forense, con la utilización de los ácaros en investigaciones forenses, se incorpora cada vez más en el análisis forense. Los ácaros son los microartrópodos más ubicuos en escenas de crimen y su importancia yace tanto en su tamaño microscópico como en rastros informativos (13,14).

Si pasamos al ámbito forense, de nuevo surge un conflicto sobre su ámbito de actuación. ¿Los forenses investigan exclusivamente fallecimientos? No; sirvan de ejemplo los casos de agresiones físicas donde la víctima no fallece y debe ser examinada por un/a forense para determinar los daños sufridos tras la agresión. O, casos de violaciones de derechos humanos, como son el uso de tortura, el abandono y negligencia en el trato de personas enfermas o minusválidas, donde la o las víctimas están expuestas a parasitosis contagiosas producidas por insectos o por ácaros ectoparásitos (19).

Por ello, debemos considerar que la entomología, incluyendo la acarología forense, aplica el conocimiento adquirido sobre la estructura y dinámica de las comunidades de artrópodos como pruebas (evidencias) en casos criminales y civiles que deben ser resueltos ante un Tribunal de Justicia. El campo de aplicación (Figura 1), por ello, es amplio y requiere de una adecuada formación que asegure el reconocimiento de los artrópodos involucrados en una investigación forense, así como de sus restos y señales que puedan dejar determinadas especies, aunque éstas no se detecten.

Por último, debemos tener siempre presente que la resolución del caso y redacción de las conclusiones es

competencia del juez o del tribunal que ha de juzgar el caso. Nuestra labor ha de ser informativa, detallar con claridad y objetividad las conclusiones que pueden extraerse de las pruebas estudiadas, sin entrar a realizar valoraciones subjetivas sobre la inculpación o no del/ los sospechosos.

La bioética en la entomología y acarología forense

Una de las principales aplicaciones de la bioética es la educación en valores y el establecimiento de principios sobre los que establecer la toma de decisiones. Durante nuestro proceso de formación como científicos o tecnólogos somos entrenados en el desarrollo de habilidades y pericias, siendo el ámbito del pensamiento crítico y la educación en valores áreas fundamentales pero olvidadas con frecuencia. Tanto la educación en valores como el pensamiento crítico entran dentro de lo que se denomina formación transversal, siendo competencia de todas las áreas de conocimiento, y debe formar parte de la formación curricular de todas las áreas, incluyendo las científicas y tecnológicas. Y, uno de los principales retos de todo investigador forense es, precisamente, la adecuada toma de decisiones ante una inspección ocular; lo que veo, ¿tendrá valor en la resolución del caso o no? Tengamos siempre en cuenta que el entorno es dinámico, y todo aquello que no recolectemos y conservemos en el momento de la investigación de un hecho no podremos realizarlo en el futuro. Por ello, el adecuado entrenamiento en el reconocimiento de muestras biológicas asociadas a un caso forense es fundamental durante el proceso de formación de peritos forenses, sin olvidar que lo que no tiene valor para un experto puede tenerlo para otro. En una investigación forense las pruebas pueden llegar a ser extremadamente diversas, por lo que nos encontramos ante un campo de trabajo interdisciplinar que requiere de la estrecha colaboración entre expertos en diferentes áreas de aplicación.

Las ciencias forenses aplican los conocimientos adquiridos a través de la investigación científica a la resolución de delitos, tanto en el ámbito criminal como en el civil (Figura 1). Dichos conocimientos son adquiridos por personas, por tanto vulnerables

a presiones que pueden debilitar su entereza y poner en peligro su pericia como investigadores. Un error durante una investigación pericial puede poner en duda nuestro prestigio profesional y arruinar la carrera del científico más reputado. El entorno judicial puede llegar a ser un campo de batalla peligroso entre fiscal y defensor, donde los investigadores somos como soldados batallando en sus frentes. Por ello, nuestro trabajo debe ser extremadamente cuidadoso cuando nos enfrentamos a un caso, en todas sus etapas, desde la recolección, conservación y custodia de las pruebas hasta la presentación de nuestras conclusiones y la conservación de dichas pruebas una vez finalizado el juicio. Está en juego la inocencia o culpabilidad de un imputado, la imagen de una empresa o de una administración, el prestigio de otro colega, o nuestro propio prestigio, como se ha mencionado anteriormente. Además, la despersonalización de un cadáver, cuyos derechos como individuo podríamos considerar que no existen una vez fallece, nos obliga a una pausada reflexión sobre nuestra actitud ante una investigación forense, extrapolable a cualquier otro ámbito científico y tecnológico. Por todo ello, el debate se plantea, una vez más, sobre nuestras obligaciones como personas más que sobre los supuestos derechos de los cadáveres (20), tanto de nuestra especie como de otras (21).

Por ello, el proceso debe ser escrupuloso en todas las fases, desde la recolección de pruebas e inspección del lugar de los hechos (escenario del crimen o lugar de intervención) hasta la redacción del informe o la publicación de los resultados.

Aspectos fundamentales para considerar en la práctica de investigación forense

1. Alteración de lugar de los hechos (22).

Nuestra presencia desde el momento en que invadimos un lugar a investigar ya es un artefacto que va a alterar lo que viene a llamarse el “escenario” o “lugar de intervención”. Llegamos en un momento de una historia que debemos interpretar y desarrollar desde lo observado en un momento puntual hacia el pasado, para poder estimar el momento “cero” de inicio de dicha historia y de las circunstancias asociadas a los

hechos. Invadimos un espacio donde hay actividad de seres vivos que reaccionarán ante nuestra presencia. Es muy probable que abandonen el lugar a inspeccionar; por ello, debemos acercarnos con extremo cuidado y sigilo para evitar alterarlos. Es igualmente probable que, si la alteración es mínima, estos organismos vuelvan y continúen con su actividad, por lo que deberemos ser pacientes, observar con detenimiento y anotar todo lo observado.

2. Contaminación cruzada (23).

Un simple descuido puede arruinar una investigación. Herramientas que se caen y quedan abandonadas alteran la investigación y pueden arruinar la fiabilidad del inspector. Cualquier artrópodo o resto orgánico adherido a nuestro calzado o nuestras prendas y otros objetos pueden ser un foco de contaminación del lugar a investigar. Además, algunas especies necrófilas pueden transmitir patógenos o ser causantes directas de patologías, como la miasis. Por ello es fundamental protegernos y proteger el entorno que estamos investigando de toda contaminación.

3. Registro de las observaciones.

El apoyo fotográfico o en video de nuestras observaciones aporta un valor añadido a las observaciones directas, y puede avalar la presencia de determinadas especies, aunque no hayan podido ser capturadas.

4. Cadena de custodia (24).

El valor de una prueba no finaliza con la resolución de un caso y el dictamen de la sentencia. Debería quedar almacenada *sine die* ante posibles revisiones futuras, salvo que el juez dictamine su destrucción. Con la debida autorización judicial, dichas pruebas podrían derivarse para material de estudio y de investigación.

5. Uso de pruebas en cursos de formación.

Por ello, sólo si tras finalizar la investigación del caso se demostrara que no es relevante su conservación, podría admitirse su uso en la formación de expertos para que aprendan a reconocer restos y a identificarlos como pruebas en futuras investigaciones. En cursos de postgrado es posible incluir el análisis de casos

pasados, ya publicados o finalizada la investigación; de este modo, los estudiantes aprenden directamente de pruebas y casos reales.

6. Confidencialidad.

Registro de la identidad de la víctima, datos personales y de los sucesos asociados al caso. Intimidad y Dignidad. Se deben respetar las regulaciones nacionales con respecto al manejo de datos sensibles, personales, a su almacenamiento y a su anonimato. Europa cuenta con uno de los reglamentos más rigurosos de protección de datos en el mundo: Reglamento (UE) 2016/679, y se aplica desde el 25 de mayo de 2018 (25).

7. Registro de muestras, pruebas.

Una muestra sin etiquetar o simplemente mal etiquetada es una muestra perdida, no tiene valor pericial ni sirve para estudios científicos y puede ser invalidada por un tribunal, desprestigiando al experto. Por ello debemos extremar el cuidado durante el proceso de registro y etiquetado de cada muestra y submuestra derivada (26).

8. Uso fraudulento de pruebas o evidencias.

“Llevarse material del lugar de un crimen (escenario) es una manipulación de dicho escenario y su uso fraudulento está penalizado por la ley” (27). Por ello, no es justificable su derivación como recuerdo, y su uso para apoyo docente o para investigación científica solo es aceptable previa autorización del magistrado.

9. Prejuicios o Juicios *a priori*.

Son el mayor riesgo a los que nos enfrentamos como peritos. A pesar de nuestra formación científica, nuestra condición humana hace que podamos caer en la tentación de dar, agregar o negar valor a una determinada prueba. Aún más, una prueba puede carecer de valor para un determinado experto y sin embargo poseer un gran valor para otro, o bien adquirir un nuevo valor al cruzarla con otra evidencia. No nos corresponde dar valor a las pruebas como peritos expertos, ni siquiera al fiscal o al abogado defensor. El valor pericial de una prueba/muestra debe venir determinado por el perito experto (antropólogo, entomólogo, etc). y, finalmente, será el juez o el tribunal quien lo determine (27).

10. Educar en valores.

Es, probablemente, la gran asignatura pendiente en todas las carreras científicas y tecnológicas. Hemos convertido los grados de ciencia y tecnología en mera formación de técnicos altamente cualificados, pero con escasa atención en su formación humanista como personas y en su capacidad crítica como científicos.

11. El rédito de los resultados.

Llegamos al final de toda investigación, no solo la forense. Cada vez con más frecuencia, los resultados son archivados por el organismo competente que ordena y/o financia la investigación. Cuando el organismo competente es una entidad privada tendremos serias dificultades para acceder a la información derivada de la investigación. Hay un dilema clásico, derivado de la teoría de juegos, que resume el drama de muchos científicos que han de renunciar a divulgar los conocimientos derivados de su investigación al verse “prisioneros” del modelo de financiación (28). Pero, ¿si dichos organismos son financiados a través de los impuestos que pagamos los ciudadanos? Quizás deberíamos reaccionar y reclamar que toda investigación financiada con fondos públicos sea, en consecuencia, pública. Lamentablemente, un informe puede quedar sumergido entre centenares de informes resultando igualmente inaccesible. En la era de la información nos encontramos con la paradoja de una sociedad cada vez más desinformada y sin criterio para realizar lecturas selectivas y críticas de lo que se difunde. Hoy en día parece ser que la razón está en manos de quien más ruido genere.

12. La publicación científica.

Llegamos, por fin, al culmen del rendimiento de toda investigación. El prestigio de todo científico se mide, hoy en día, tanto por la cantidad como por la calidad de sus publicaciones científicas. Como herramientas de apoyo, se han desarrollado diferentes bases de datos más o menos independientes o fiables, como Scopus, Citation Index, ScienceDirect, etc. Tanto la cantidad como la calidad de tus citas avalan la calidad de tu investigación. La polémica está servida (29), más aún cuando los resultados de una investigación forense podrían apoyarse en datos publicados sin contrastar

y poco fiables, aunque hayan sido publicados en una prestigiosa revista indexada.

Las revistas avalan su prestigio con comisiones evaluadoras supuestamente independientes. Lamentablemente, las comisiones las forman personas que pueden priorizar sus intereses personales a la valoración objetiva de los manuscritos a evaluar. La competitividad puede llevar a valoraciones de dudosa objetividad. Las revistas, además, reciben tal volumen de manuscritos que filtran y rechazan artículos que pueden tener importancia, más en el ámbito forense donde resultados supuestamente “locales” son necesarios para aplicar en entornos similares. El idioma es, además, la espada de Damocles de nuestro siglo. ¿Solo lo publicado en inglés es digno de ser leído y aplicado?, ¿solo las revistas que publican estrictamente en inglés son dignas de ser financiadas y adquiridas? De nuevo, el Norte Global se nos impone y nos vemos prisioneros de un modelo anglocéntrico que ignora todo aquello que no sea accesible a su mundo anglosajón.

Y llegamos a la financiación. ¿Quién financia las revistas? Habitualmente, si alguien quiere leer un libro o una revista, la compra; esto es, la adquiere a cambio de dinero. Pero, las revistas científicas tienen el coste adicional de la lectura y selección de un contenido altamente cualificado que requiere de personal especializado e igualmente cualificado para ello. Esto encarece considerablemente el proceso de publicación científica. Hasta hace pocos años, las instituciones académicas y centros de investigación disponían de un presupuesto específico para la adquisición de fondos bibliográficos. Los fondos económicos van menguando, pero el número de revistas y su coste aumentan de manera inversamente proporcional. Además, las publicaciones científicas no están al alcance de muchas personas, en especial de aquellas que se inician en la investigación o se dedican vocacionalmente a ello sin pertenecer a ninguna institución científica que financie su investigación. Esto es especialmente frecuente en entomología, y más aún en acarología, si bien la investigación básica de estas dos disciplinas aporta información fundamental para aplicar a muchas investigaciones forenses. Ante esta situación, el proyecto Open Access defiende el acceso libre de la información científica a toda persona interesada en ella. Por ello, si usted lector no paga por lo que lee, ¿quién cubre los gastos?

Resulta preocupante que sea quien genera el conocimiento quien deba pagar para que dicho conocimiento sea difundido. Volvamos al ejemplo de la entomóloga/o o acaróloga/o vocacional que dedica su tiempo libre para generar este conocimiento fundamental. ¿Cómo financia que su conocimiento llegue al ámbito de aplicación?

Desde el año 2008, un Bibliotecario investigador de la University of Colorado en Denver (USA), Jeffrey Beall, produjo una lista negra de revistas que denominó depredadoras (30). La ‘Beall’s list’ de revistas depredadoras fue cargada en su blog y continuó evolucionando hasta el momento de su cierre forzado, en el año 2017. El tema evolucionó desde solamente lista de revistas hasta incluir grandes editoriales como el OMICS Publishing Group, o MDPI, entre otras muchas editoriales que Beall consideró depredadoras. El término depredador es utilizado para enfatizar el fenómeno de editoriales y revistas que están preparadas para publicar cualquier artículo contra pago, sin ser revisado por pares, que es justamente el pilar de divulgación de las ciencias: la examinación por pares o ‘peer review’ (31). Las revistas o editoriales *Open Access* depredadoras cobran a quien envía el artículo y lo pueden llegar a publicar sin revisar. Beall indicaba que toda revista depredadora (y editoriales) eran *Open Access* por definición (31). Además de publicar ‘pseudo-ciencia’, estas editoriales se encargan de bombardear las casillas de correos de científicos y académicos con el fin de atraer más clientes (30). Para el año 2013, la situación se fue de control, ya que la lista de Beall parecía no poder frenar la avalancha de emails y el número inconcebible de publicaciones ‘falsas’ en revistas depredadoras, mientras esas editoriales hacían fortunas millonarias. Entonces, la revista Science, ejecutó un experimento preliminar donde se enviaron más de 300 artículos falsos a revistas *Open Access*; de éstas, más de 100 realizaron la revisión por pares o peer-review. En torno a un 70% decidió aceptar los manuscritos ‘falsos’. Es interesante destacar que un número, aunque reducido, de revistas que estaban incluidas en la lista Beall no los aceptaron: procedieron a revisarlos y fueron rechazados mientras que el 82% de las revistas de la lista los aceptaron. Esto generó un dilema internacional, ya que Beall acusaba a un gran número de editoriales de ser depredadoras cuando no lo eran. Otro experimento

fue conducido por académicos y científicos cansados de recibir invitaciones de revistas depredadoras. Éstos se hacían pasar científicos que no existen y enviaban currículos falsos con cero antecedentes en el tema a las revistas o editoriales para ser incorporados al plantel editorial. Cuarenta revistas depredadoras aceptaron a los científicos con identidades falsas y los incorporaron a la editorial (32).

A pesar de los avances generados en cuanto al desarrollo de métodos para detectar las publicaciones depredadoras, Beall, por su parte propagó noticias falsas y exageraciones, algunas de ellas muy injustas, acusando a editoriales del Sur Global de ser depredadoras cuando no lo eran ni lo son. Un caso relevante es el de la comparación con una favela de la mayor base de datos y editorial del mundo latinoamericano, SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) por el mismo Jeffrey Beall (cf. 33). La publicación del Sr. Beall: 'Is SciELO a Publication Favela?' da a conocer la desconfianza, faltando notablemente al respeto a las publicaciones académicas (no depredadoras) del mundo latinoamericano, donde no todos los países están en desarrollo; simplemente porque no están escritas en inglés. Esta discriminación fue detectada y revisada por académicos, incluso desde el Norte Global; por ejemplo, las quejas de académicos bibliográficos, como los de la *City University of New York*, quienes aluden a la tendencia de Beall de atacar a las revistas de *Open Access* de países económicamente menos desarrollados (34). Estos consideran que las hay, y muy buenas, y que el que no publiquen en inglés -o que no pertenezcan a una de las corporaciones globales dominantes del Norte- no significa que sean depredadoras. Estos autores argumentan que el inglés 'imperfecto' o inglés que no sea predominante en editoriales 'Western' no determina necesariamente que se trate de revista o editorial depredadora. Recordemos que la característica principal de las revistas depredadoras es el precio abusivo que cobran por publicar, no la lengua en que publican. Por otro lado, aceptan que la lista Beall tuvo un efecto positivo en países en estado de desarrollo, por plantear las bases de ayuda a los científicos del Sur Global a identificar editoriales depredadoras a las que se exponen constantemente (34).

Por último, y para completar la problemática derivada del conjunto de publicaciones científicas

falsas, nos empezamos a encontrar ante sistemas modernos de Inteligencia Artificial que pueden desplazar la labor de científicas/os en la producción y también en la evaluación de los textos supuestamente científicos. Sirva de ejemplo el programa ChatGPT, capaz de escribir manuscritos científicos de aparente calidad, los cuales pueden ser difíciles de detectar por los evaluadores. En un experimento se pidió a científicos expertos, evaluadores de revistas científicas de alto impacto, que revisaran y evaluaran a ciegas una mezcla de artículos científicos originales junto con artículos científicos generados por ChatGPT. Como resultado, los expertos fueron capaces de detectar correctamente el 68% de los artículos generados por ChatGPT, mientras que fallaron en identificar un 14% de éstos. Personal científico del laboratorio de una de las autoras de este artículo (MAP) generó con ChatGPT un proyecto científico en un tema muy especializado sobre ectoparásitos; ChatGPT produjo un texto que, si bien carecía de literatura básica y original, por ejemplo literatura fundamental histórica, los objetivos y métodos eran correctos, aunque eran muy limitados. El uso de sistemas de inteligencia artificial, capaces de reemplazar el trabajo de académicos, adolece de una falta de respeto al trabajo contrastado de la comunidad científica y pone en grave riesgo los principios éticos más básicos. Llevado al campo que nos ocupa, si los datos no son objetivos y contrastados y derivados de trabajo experimental, pueden dar lugar a conclusiones falaces que, utilizadas en un juicio, deriven en sentencias injustas.(35, 36).

En 2000, la conferencia inaugural del Congreso Mundial de Bioética que se celebró en Gijón corrió a cargo de Van Rensselaer Potter, ya delicado de salud. Cerró su conferencia con una frase dilapidadora "El siglo XXI será el siglo de la Bioética o será el siglo del caos" (37). Lamentablemente, la situación económica global y los conflictos territoriales confirman sus terribles augurios. Está en nuestras manos reaccionar y demostrar que somos capaces de desarrollar un modelo diferente de globalización centrado en los derechos humanos y el ecocentrismo (38,39).

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Margarita Ojeda, docente de la UNAM, por la invitación a participar en la Reunión de Entomología Forense 2022, organizada por la Licenciatura en Ciencia Forense de la Facultad de Medicina de la UNAM, y el Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara. Al Dr. Henk Braig (Bangor University, UK) por despertarnos la preocupación hacia las editoriales y las revistas depredadoras y su implicación en las ciencias forenses, y al Dr. Juan Carlos Miguel de Bustos (UPV/EHU, España) por sus comentarios en relación con los nuevos riesgos derivados de un mal uso de la inteligencia artificial.

Bibliografía

- Potter VR. Bioethics. Bridge to the future. Englewood Cliffs: Prentice-Hall; 1971
- Esquinas Alcázar J. Biodiversidad y Seguridad. Cuadernos de Estrategia. 2013;161:p.109-156
- Potter VR. Global Bioethics. Building on the Leopold Legacy. Michigan State University Press; 1988
- Brown, et al. The Effects of Multinational Production on Wages and Working Conditions in Developing Countries. 2002. Research Seminar in International Economics, Discussion Paper No. 484, Universidad de Michigan
- Weidinger V, Schallhart T. Picturing the Global South. The Power Behind Good Intentions. Picturing the Global South toolkit v2011. Vienna, Austria. 2018
- Ripoli A, Ghotme R. La cooperación internacional: herramienta de desarrollo o de atraso. Rev. Latinoamericana Bioética 2015;15:54-63
- Valenzuela-Toro AM, Viglino M. How Latin American researchers suffer in science. Nature 2021;598:374-375
- Whyte L. The Historical Roots of Ecological Crisis. Science, 1967;155:1203-07
- Hardin G. The tragedy of Commons. Science, 1968;162:1243-48
- Leopold A. 1948. Una Ética de la Tierra. Colección Clásicos del Pensamiento Crítico. Riechmann, J. ed. 2000. Los libros de la Catarata
- ONU Asamblea General, Declaración Universal de Derechos Humanos. 1948.
- Hall RD. Perceptions and Status of Forensic Entomology. En Byrd JH., Castner JL eds. Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. 2000. pp. 1-15
- Perotti MA, Goff ML, Baker AS, Turner BD, Braig HR. Forensic acarology: an introduction. Exp Appl Acarol. 2009;49:3-13.
- Braig HR, Perotti, MA. Carcasses and mites. Exp Appl Acarol. 2009;49:45-8
- Noticias ONU. Paraguay violó el derecho de los pueblos indígenas al no prevenir la contaminación ambiental de sus tierras. 2021.
- Anderson GS, Hobischak NR. Decomposition of carrion in the marine environment in British Columbia, Canada. Int J Legal Med. 2004;118:206-9.
- Megnin JP. La faune des cadavres application de l'entomologie à la médecine légale. 1894. Ed. Masson
- Perotti MA, Braig HR. Acarology in crimino-legal investigations: the human acarofauna during life and death. En: Byrd JH, Tomberlin, JK editores Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigations. 3ª ed. CRC Press; 2020
- Lambiase S, Perotti MA. Using human head lice to unravel neglect and cause of death. Parasitology. 2019;146(5):678-684.
- Baglow JS. The rights of the corpse. Mortality. 2007;12: 223-39. doi:10.1080/1357627070143069
- Saloña Bordas MI. Animal Rights? No Human Responsibility, en Susanne, C. ed. Societal Responsibilities in Life Sciences, Societal Responsibilities in Life Sciences. Ed. Kamla-Raj Enterprises, New Dehli, India.
- De Jong GD, Hoback W. Effect of investigator disturbance in experimental forensic entomology: succession and community composition. Med Vet Entomol. 2006;20(2):248-8.
- Archer MS, Elgar MA, Briggs CA, Ranson DL. Fly pupae and puparia as potential contaminants of forensic entomology samples from sites of body discovery. Int J Legal Med. 2006;120(6):364-8.
- Best D, Havis S, Payne-James JJ, Stark MM. Near miss incidents in police custody suites in London in 2003: A feasibility study. J Clin Forensic Med. 2006;13(2):60-4.
- Unión Europea. Reglamento relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos)
- Haskell NH, Wayne DL, Byrd JH. Collection of Entomological Evidence during Death Investigations. En Byrd JH., Castner JL eds. Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. 2000 pp.81-120
- Rogers TL. Crime Scene Ethics: Souvenirs, Teaching Material, and Artifacts. J Forensic Sci. 2004;49(2):307-311
- Poundstone W. El dilema del prisionero: John Von Neumann, la teoría de juegos y la bomba. Alianza Editorial, S.A.; 1995
- Sarewitz D. The pressure to publish pushes down quality. Nature 2016;533,147
- Beall, J. Essential information about predatory publishers and journals. Int Higher Educat. 2016;86;2-3
- Krawczyk F, Kulczycki E. How is open access accused of being predatory? The impact of Beall's lists of predatory journals on academic publishing. J. Acad. Librarians. 2021;47:e102271
- Sorokowski P, Kulczycki E, Sorokowska A, Pisanski K. Predatory journals recruit fake editor. Nature 2017;543(7646):481-3.
- Momen H, Beall J., Blacklists SciELO in Perspective, 2015.
- Berger M, Jill C. Beyond Beall's List: Better Understanding Predatory Publishers. College Res Lib News. 2015;76(3):132-135.
- Else H. Abstracts written by ChatGPT fool scientists. Nature. 2023;613:423
- Gao CA, Howard FM, Markov NS, Dyer EC, Ramesh S, Luo Y, Pearson AT. Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to original abstracts using an artificial intelligence output detector,

plagiarism detector, and blinded human reviewers. Preprint at bioRxiv 2022.

37. Potter VR. Conferencia Inaugural. Actas 1er. Congreso Mundial de Bioética, Ponencias, pp. 15-18. Gijón, España; 2001.
38. Saloña Bordas MI. Are We an Ethically Sustainable Species? A Reflection Based on the State of Our World. En Susanne C. ed. Human Ecology Special Issue 2004a;12:177-190.
39. Saloña MI. Environment, sustainability and social justice. En Susanne C. et al. editores. Bioethics. Global and Social Aspects. III. Environmental Ethics. Komotini: European Association of Global Bioethics, Greece. 2007. p. 185-21.