

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 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

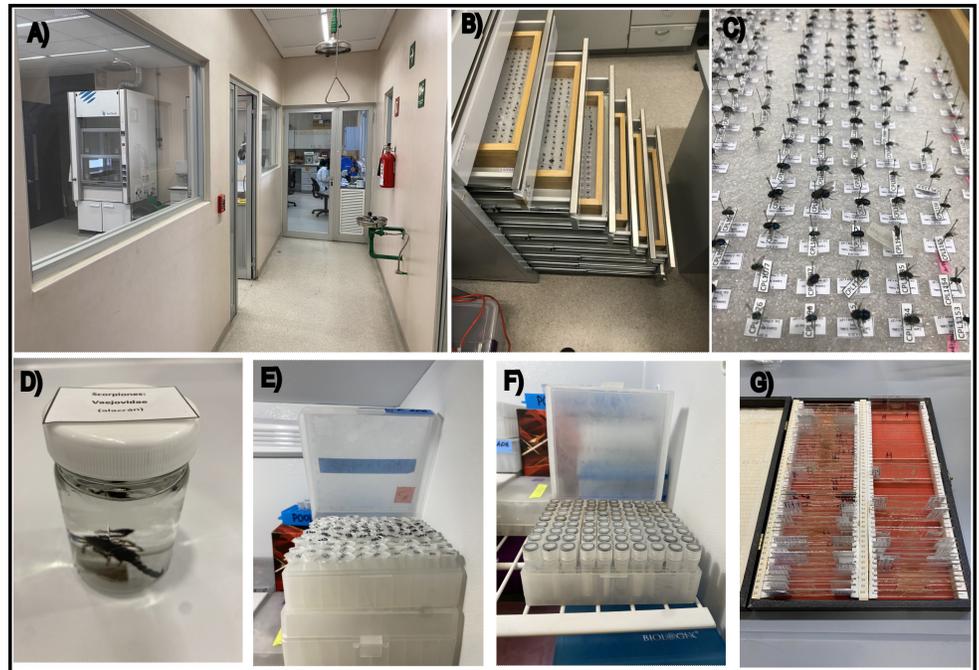


Figura 1. Algunos de los elementos que conforman a la CAIF. A) Vista del laboratorio de entomología forense de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses, que aloja a la CAIF; B) Gavetas de la colección de especímenes montados en alfileres entomológicos; C) acercamiento de algunos especímenes montados, 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.

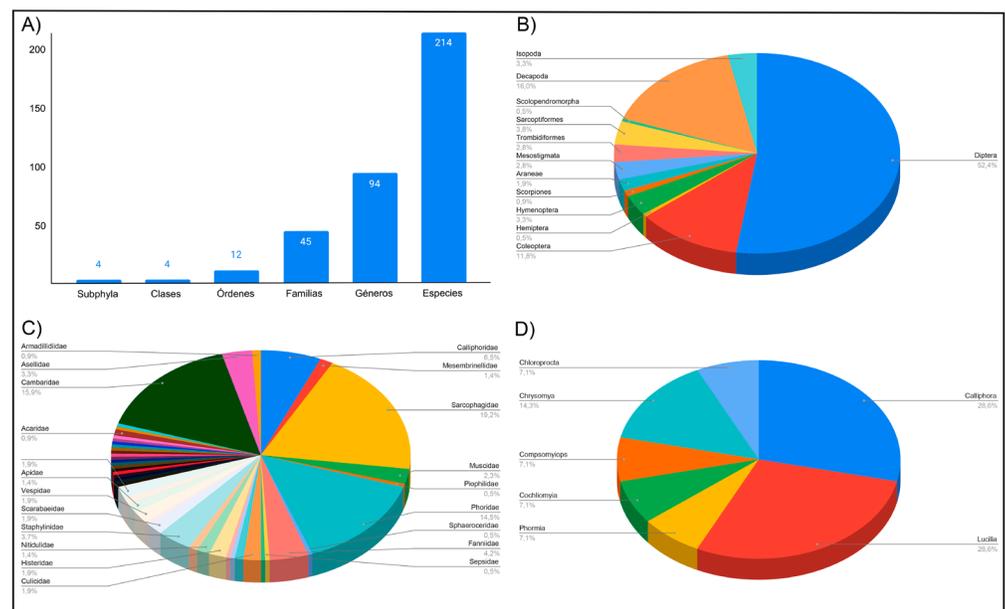


Figura 2. A) Número de taxones incluidos en la CAIF al día de hoy, de acuerdo a su categoría taxonómica. B) Proporción de especímenes depositados de acuerdo al orden. C) Proporción de especímenes de acuerdo a la familia. D) Número de especies de la Familia Calliphoridae, de acuerdo al género.

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 artrópoda 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. *Standards 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 Tuxtles”, 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.