

## LA CONSERVACIÓN DE LAS COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS



Autor/a: Alexandra Viladot

### **Trabajo final de grado**

Grado de Conservación-Restauración de Bienes Culturales

Tutor: Gonzalo Martí Beltrán  
Curso: 2020/2021

## RESUMEN

Las grandes colecciones de especímenes de insectos conservadas en seco tienen, igual que todos los objetos considerados bienes culturales y científicos, unos factores y mecanismos propios de degradación.

Debido a la gran importancia de estos ejemplares para la investigación y adquisición de conocimientos del mundo entomológico, es de vital importancia identificar y contrarrestar los elementos que provocan su degradación. Existe una serie de medidas preventivas y tratamientos que se pueden aplicar a los ejemplares entomológicos para conservar su integridad científica y visual, pero es imprescindible tener en cuenta que estos métodos no deben alterar las características morfológicas y moleculares de los ejemplares, ya que se provocaría una pérdida de su valor científico.

**Palabras clave:** Entomología, espécimen, adhesivo, conservación preventiva, reparación

## ABSTRACT

As all objects considered cultural and scientific assets, large collections of pinned insect specimens have their own factors and mechanisms of degradation.

Due to the great importance of these specimens for research and gaining of knowledge about the entomological world, it is of vital importance to identify and counteract the elements that cause their degradation. There is a series of preventative measures and treatments that can be applied to entomological specimens to preserve their scientific and visual integrity, but it is essential to bear in mind that these methods should not alter the morphological and molecular characteristics of the specimens, since it would cause a significant loss of their scientific value.

**Keywords:** Entomology, specimen, adhesive, preventative conservation, repair

## ÍNDICE

<b>1. Introducció</b> .....	5
<b>2. Las colecciones entomológicas</b> .....	6
2.1. Origen.....	6
2.2. Usos científicos y métodos no destructivos.....	7
2.3. Características físicas de los especímenes entomológicos.....	8
2.4. Preparación y montaje para la preservación de especímenes en seco.....	11
<b>3. La conservación de colecciones entomológicas</b> .....	17
3.1. Agentes de degradación: factores externos.....	17
3.1.1. Factores ambientales .....	17
3.1.2. Biodeterioro .....	19
3.2. Degradaciones más comunes.....	20
3.2.1. Desprendimiento de apéndices/daños físicos a los especímenes...20	
3.2.2. Corrosión de los alfileres entomológicos.....	21
3.3. Reparaciones históricas y evolución de los criterios de intervención .....	23
<b>4. Tratamientos de conservación y restauración</b> .....	25
4.1. Limpieza y desinfección.....	26
4.1.1. Limpieza de polvo superficial.....	26
4.1.2. Limpieza para análisis microscópicos.....	26
4.1.3. Desinsectación.....	27
4.1.4. Desinfección.....	29
4.2. Cambio de alfileres deteriorados.....	30
4.3. Adhesión de fragmentos, consolidación y reintegración.....	31
4.3.1. Adhesión de fragmentos.....	31
4.3.1.1. Adhesivos.....	32
4.3.2. Consolidación y reintegración .....	36
<b>5. Medidas de conservación preventiva</b>	
5.1. Almacenamiento y materiales.....	38
5.2. Control ambiental.....	39

6. <b>Caso práctico: adhesión de las antenas de un espécimen de <i>Lepidoptera</i>.</b>	42
6.1. Estudio del ejemplar.....	43
6.2. Tratamiento de adhesión de antenas.....	46
6.2.1. Pruebas previas de adhesivo.....	46
6.2.2. Adhesión de antenas del ejemplar.....	48
6.3. Sistema de exposición.....	50
6.3.1. Despegado del soporte original .....	50
6.3.2. Proceso de sustitución del sistema de soporte.....	51
6.3.3. Limpieza del marco y nuevo enmarcado.....	52
7. <b>Resultados de la encuesta</b> .....	54
8. <b>Conclusiones</b> .....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	63

## 1. INTRODUCCIÓ

Las colecciones entomológicas, constituidas por insectos preservados, se han ido construyendo a lo largo de los años como muestra de la gran curiosidad del hombre hacia la naturaleza, y la necesidad de coleccionar especímenes para su estudio y admiración. Estos ejemplares difieren de otros tipos de objetos museísticos por su naturaleza orgánica y extremadamente frágil.

La conservación y restauración de los objetos de historia natural no tiene un gran enfoque en el ámbito de la Conservación-Restauración de bienes culturales, ya que no se realiza una formación especialmente aplicada a ello en la mayoría de los países europeos. Por ello, las prácticas llevadas a cabo sobre las colecciones de historia natural son, en gran medida, realizadas por profesionales de otros ámbitos, como biólogos y entomólogos. Estas colecciones se podrían beneficiar de una unión entre las disciplinas biológicas y de conservación, ya que los conservadores/restauradores están especialmente preparados para realizar tareas de gran delicadeza y minuciosidad, además de tener un código ético que siempre prioriza el mejor tratamiento para cada pieza. Los entomólogos, por otro lado, disponen de los conocimientos necesarios para identificar y tratar de manera correcta los especímenes biológicos, enfocándose siempre en la preservación de su valor científico.

El patrimonio de origen natural se debería conservar y preservar con el mismo interés que el patrimonio histórico y cultural, ya que estos objetos son también un recuerdo de las épocas en las que la humanidad mostraba una gran fascinación hacia la naturaleza y la recolección de elementos naturales, algo que formaba parte de las sociedades, y por consecuencia, de la cultura.

Además, las colecciones biológicas constituyen un archivo de la biodiversidad pasada y presente de un ecosistema, que permiten realizar una serie de estudios relacionados con la biodiversidad, como serían los taxonómicos, de genética, ecológicos, biogeográficos... (Delgadillo & Góngora, 2009)

Estos usos investigativos de las colecciones entomológicas se deben tener en cuenta, ya que aumentan la importancia y la necesidad de conservar este tipo de conjuntos de especímenes.

Históricamente, estas colecciones no siempre se han realizado con el propósito de ser preservadas en la historia. En muchos casos se trata de grandes muestras formadas por miles de ejemplares, muchas veces de especies repetidas. Por eso, ha habido un hábito en la comunidad entomológica de considerar estos especímenes como dispensables, ya que a menudo se usan para realizar análisis que pueden llegar a ser completamente destructivos.

El objetivo principal de este Trabajo final de grado será realizar un recorrido por los diferentes tratamientos y métodos de conservación-restauración que se aplican a las colecciones entomológicas preservadas en seco. Se trabajará a partir de la idea de que los materiales y productos empleados en la restauración de bienes culturales también pueden ser útiles para tratar los tejidos orgánicos que constituyen las colecciones entomológicas, ya que por norma general son materiales que ejercen una función respetuosa con las piezas y cuya elección respeta el criterio de reversibilidad. También se hablará de las intervenciones históricamente aplicadas a los especímenes de dichas colecciones, y cómo éstas difieren de los tratamientos actuales.

Se hará un estudio teórico realizado a partir de la búsqueda de bibliografía relevante al tema elegido, además de un trabajo de campo basado en entrevistas realizadas a profesionales que manejan y preservan colecciones de especímenes naturales en diversas instituciones, pudiendo así aportar conocimientos de las prácticas que actualmente se llevan a cabo. Estas instituciones de naturaleza diversa se han entrevistado mediante una encuesta común, que ha tenido la función de proporcionar una idea general sobre los métodos de conservación que son empleados a la hora de tratar las colecciones entomológicas.

Además, se incorporará a este trabajo teórico un breve caso práctico (la adhesión de las antenas caídas de un ejemplar de *Lepidoptera*), en el que se utilizarán técnicas y materiales incluidos en el presente estudio para intervenir un espécimen de lepidóptera, con el objeto de comprobar su eficacia y reversibilidad. Para poder llevar a cabo este tratamiento con una base adecuada de conocimientos previamente integrados, se profundizará en especial en este tipo de tratamiento en la parte teórica del trabajo, y se realizará un pequeño estudio de los adhesivos que comúnmente son empleados para adherir apéndices caídos.

Se efectuará también una mejora de las características del sistema de exposición previo de dicho espécimen, con el propósito de optimizar su futura conservación.

## 2. LAS COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS

### 2.1. Origen

La recolección de especímenes entomológicos es un proceso que se ha llevado a cabo durante muchos años, con el propósito de recopilar objetos que generaban curiosidad y representaban la fascinación hacia la naturaleza. Los gabinetes de curiosidades eran los predecesores de los museos actuales, y allí se almacenaban una gran variedad de objetos: desde piezas arqueológicas, minerales, obras de arte, artefactos con diversas funciones, y animales e insectos disecados.

Actualmente, muchas instituciones disponen de grandes colecciones de especímenes de insectos, de un importante valor histórico y antigüedad. Un ejemplo sería el Museo de Historia Natural de Londres, que tiene en su posesión una colección histórica de millones de

ejemplares. Algunas de estas colecciones se remontan al siglo XVIII, y fueron creadas por grandes coleccionistas de la época (como serían Sir Hans Sloane, Leonard Plukenet, o incluso Charles Darwin), que además de recolectar especímenes propios tenían el hábito de adquirir muestras de otros recolectores. Dichas colecciones tienen un importante valor patrimonial, ya que son un recuerdo de los inicios del museo, y son también una reminiscencia de uno de los mayores gabinetes de curiosidades del s. XVIII. También tienen importancia taxonómica, ya que Linnaeus las menciona en su *Sistema Naturae*, escrito en 1758. (*Historical Collections*, 2021)

El Museo de Historia Natural de la Universidad de Oxford también posee una colección que contiene más de 5 millones de especímenes, incluyendo la mariposa preservada documentada más antigua del mundo: una mariposa *baht white* del año 1702. (*Insects*, 2021)

Hoy en día, se siguen recolectando especímenes de insectos con fines científicos, ya que muchos de ellos llevan a cabo funciones esenciales en los ecosistemas a los que pertenecen. De esta manera, a menudo se sacrifican una serie de individuos con la intención de que el espécimen preservado pueda ser de gran uso para la comunidad científica. En la actualidad es posible que todavía queden miles de especies de insectos sin descubrir, y cada día especies nuevas son extinguidas. Por ello, los especímenes preservados pueden servir para realizar estudios genéticos y taxonómicos, incluso de especies que han sido completamente extinguidas.

Para tener cierto valor científico, es vital que los ejemplares de insectos preservados estén siempre acompañados de sus respectivos datos de colecta. Estos datos indicarán la localización de la colecta (localidad y coordenadas geográficas), el nombre de los recolectores, la fecha de recolección, la altitud, el sustrato y el método de captura. Estos datos son los que posteriormente permitirán realizar estudios, investigaciones y listas taxonómicas. (Márquez Luna, 2005)

## 2.2. Usos científicos y métodos no destructivos

Actualmente es posible extraer ADN de especímenes de insectos secos (y no sólo los preservados en líquido) mediante métodos no destructivos. Se han realizado pruebas en especímenes de hasta 94 años de antigüedad y se ha garantizado la correcta extracción de ADN mediante la técnica de PCR en ejemplares de hasta 50 años. (Gilbert et al., 2007)

Habitualmente no se han realizado pruebas en ejemplares tan antiguos, porque es un hecho conocido que el ADN se degrada con el tiempo (esta degradación es incluso aumentada por la exposición a altas temperaturas). (Lindahl, 1991)

En el estudio mencionado, se extrae el ADN de los ejemplares de escarabajo sumergiéndolos enteramente en un líquido buffer que realiza una función digestiva (*digestion buffer*). Este líquido es purificado para extraer los ácidos nucleicos procedentes del escarabajo, que después de una serie de tratamientos está preparado para analizar mediante PCR. Después

de extraer el espécimen del líquido, se sumerge en etanol para detener la digestión del ADN y se seca al aire. El espécimen queda sin ninguna alteración visible y se puede devolver a su colección. Se especula que el ADN extraído emerge por los orificios naturales del insecto, además del agujero de salida del alfiler entomológico. (Gilbert et al., 2007)

### 2.3. Características físicas de los especímenes entomológicos

#### Los insectos

Los insectos (*Insecta*) son una **clase** de animales que pertenecen al **filo** de los **artrópodos** y al reino **Animalia** (junto a los seres humanos y todos los demás animales). Dentro de la clase *Insecta* se encuentran una serie de órdenes, como serían *Lepidoptera* (mariposas diurnas y nocturnas), *Diptera* (moscas), *Coleoptera* (escarabajos) y muchas más. Es el grupo de animales más rico en especies y hoy en día se descubren cada vez más; se estima que el total de especies se encuentra entre 2 y 20 millones. Este hecho también condiciona las colecciones entomológicas, ya que en muchos casos son colecciones grandes compuestas por miles de individuos. A continuación, se hablará un poco sobre su morfología y sus funciones, ya que estos aspectos fascinantes ayudan a comprender la gran importancia de estas colecciones.

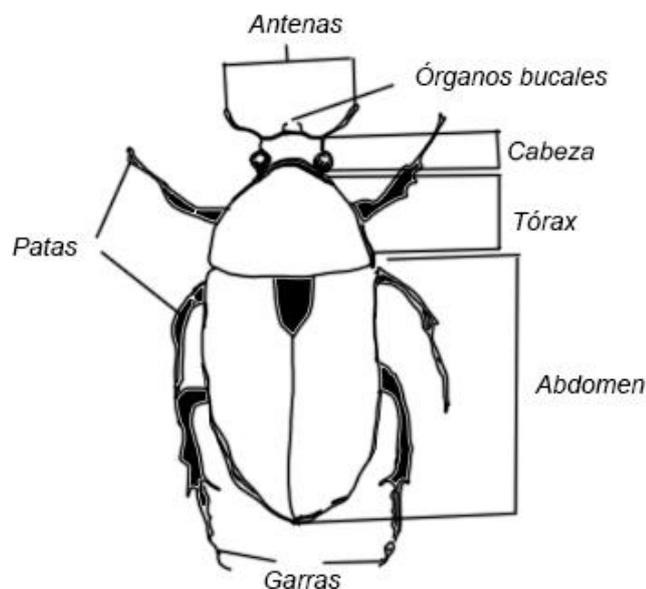


Fig. 1: Diagrama de insecto y sus partes básicas  
Ilustración: Alexandra Viladot

Las partes principales de un insecto son la cabeza, el tórax y el abdomen. La cabeza contiene las antenas (importantes órganos sensoriales) y los órganos bucales, como serían el maxilar superior, las maxilas, y el labio inferior. El labio superior o labro cubre parcialmente estos órganos bucales. La forma que adquieren estos órganos depende de la especie, ya que en

algunas han evolucionado de manera que en lugar de órganos masticadores se tratan de estiletes rígidos o trompas blandas intencionadas para ingerir alimentos en estado líquido. Además, disponen de los ojos compuestos y de los ocelos, éstos últimos siendo responsables del control de la actividad diurna.

El tórax está compuesto por tres segmentos (protórax, mesotórax y metatórax) que contienen un par de patas cada uno. Estas patas están, a su vez, compuestas por seis partes: coxa, trocánter, fémur, tibia, tarso y garra. El protórax a menudo tiene una placa dorsal, llamada pronoto.

Los dos pares de alas se encuentran en los dos segmentos torácicos posteriores, aunque existen especies de insecto donde un par de alas tienen tamaño reducido. En el caso de otras especies, las alas faltan por completo.

El abdomen está compuesto por 11 segmentos, que en el caso de los insectos adultos carecen de articulación. Contiene los órganos vitales del insecto (corazón tubular, sistema digestivo y órganos sexuales). (Moreno et al., 2012) (Bellman, 2019)

### El tegumento

El **tegumento**, que hace la función de exoesqueleto, es la parte más externa del insecto que lo protege y mantiene todos los órganos en su sitio, formando una estructura estable. Se trata de un elemento que no se desarrolla junto al insecto, sino que se reemplaza cada cierto tiempo durante las mudas, incluso en el caso de especies que no realizan una metamorfosis completa.

El tegumento tiene dos componentes principales: la cutícula y la epidermis. La epidermis está formada por células vivas de funciones distintas (entre ellas la secreción de la cutícula), mientras que en la cutícula se distinguen dos partes: la **epicutícula**, una fina capa exterior de naturaleza proteica, y la **procutícula**, que a su vez se divide en **endo-** y **exocutícula**.

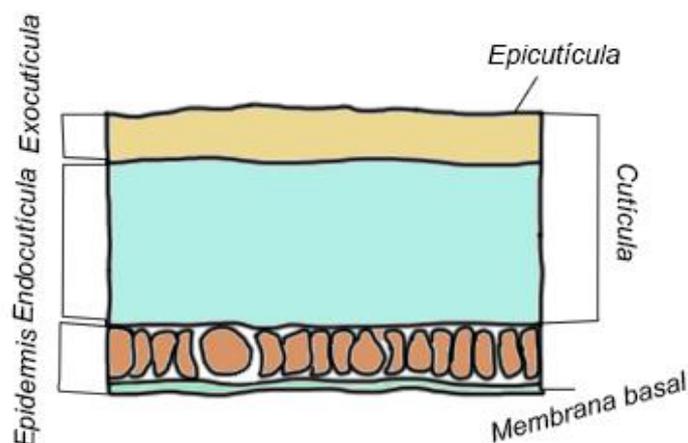


Fig. 2: Diagrama del tegumento y sus partes básicas  
Ilustración: Alexandra Viladot

La epicutícula es una capa muy fina, de 1-4 micrómetros. Es la primera que se forma durante la muda de un insecto. Es una capa proteica compuesta mayoritariamente por **esclerotina**, y además puede contener una capa de cemento y otra de cera. Estas capas adicionales, que se pueden encontrar o no en el insecto, tienen la función de fortalecer e impermeabilizar el exoesqueleto, evitando la pérdida de agua.

La procutícula está mayoritariamente formada por quitina, que es un polisacárido de la fórmula  $(C_8H_{13}O_5N)_n$ , siendo un polímero de *N*-acetil- $\beta$ -D-glucosamina molecularmente estable y resistente a factores químicos. (Merzendorfer, 2003)

En especies de la orden Lepidóptera (mariposas), las escamas de las alas están constituidas también por quitina. También se encuentra en las cutículas iridiscentes de muchos escarabajos. En estos casos se puede decir que los colores iridiscentes están compuestos más bien por un componente estructural y no por pigmentos, lo cual aumentará la durabilidad del color en los especímenes secos de dichas especies. (Meyers et al., 2008)

El exoesqueleto de los artrópodos funciona como un compuesto de fibras de quitina, dispuestas en una matriz de proteína (normalmente **resilina**, que proporciona elasticidad). Puede contener, además, una fase cerámica y metales como zinc, manganeso y hierro para lograr una consistencia más rígida. Los compuestos encontrados en los seres vivos llamados **cerámicos** o **cemento** son compuestos biológicos con un contenido prevalente de mineral. (Meyers et al., 2008)

Este tipo de componente de la cutícula se da comúnmente en crustáceos, aunque algunos insectos también lo presentan. (Vincent, 1980)

La esclerotización es el proceso mediante el cual la rigidez de la cutícula aumenta, mediante la pérdida de agua y la reticulación de las proteínas. Los insectos inician esta reacción durante el curso de las mudas. En este proceso la exocutícula adquiere su pigmentación.

Como explica Nguyen en la tesis *Insect cuticle: A paradigm for natural composites*, la proporción de quitina, proteína y agua es la que determina la dureza de la cutícula. Otros factores que afectan el aspecto de la dureza también serían la dirección de las fibras de quitina y las características de la matriz proteica. (Nguyen, 2010)

Las características del tegumento, como serían el grosor o la rigidez, varían en función de la parte del cuerpo del insecto donde se encuentra, y sus necesidades. Puede haber variaciones tanto de los componentes celulares como de los no celulares. (Spearman, 1973)

En los especímenes de insectos disecados, las alas, patas y antenas son, sin duda, las partes del cuerpo más frágiles y propensos a la rotura o pérdida. Esto se debe a la fragilidad entre las uniones de estos elementos a la parte principal del cuerpo, independientemente de la resistencia del mismo material.

## Estabilidad química y degradación del exoesqueleto

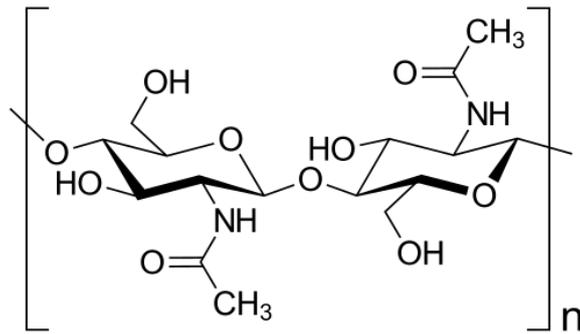


Fig 3: Composición molecular del monómero de quitina

Tal y como hemos visto en el apartado anterior, el tegumento o exoesqueleto de los insectos es una estructura rígida y estable que está formada mayoritariamente por el aminopolisacárido quitina. “Este polímero puede presentar tres sistemas de disposición espacial diferentes:  $\alpha$ -quitina,  $\beta$ -quitina y  $\gamma$ -quitina. La  $\alpha$ -quitina es la forma más abundante en la naturaleza, y su configuración antiparalela le concede una estructura cristalina altamente ordenada, donde las cadenas de  $\alpha$ -quitina están unidas por fuertes puentes de hidrógeno. Estos enlaces, a su vez, son las causantes de las propiedades rígidas e insolubles de la  $\alpha$ -quitina.” (Meyers et al., 2008)

Los fuertes enlaces de hidrógeno hacen que la quitina sea insoluble en agua y en la mayoría de los disolventes orgánicos. Sin embargo, es soluble en algunos disolventes, como sería la dimetilacetamina y la hexafluoroacetona. La cutícula de los insectos también se ablanda cuando es sumergido en ácido fórmico. (Wang et al., 2010)

Los datos expuestos en este apartado indican la gran estabilidad de la cutícula quitinizada de algunos insectos, la razón por lo cual es posible conservar estos especímenes durante cientos (posiblemente miles) de años. En ejemplares que presentan menos quitina en su cutícula y por lo tanto, menos dureza, es más apropiado realizar una preservación en líquido conservante. Este sería el caso de ejemplares muy pequeños, ejemplares larvales o juveniles, y artrópodos no insectos, como serían los arácnidos y los crustáceos. Estos especímenes se suelen preservar en una solución alcohólica al 70%. (Artrópodos, 2021)

#### 2.4. Preparación y montaje para la preservación de especímenes en seco

Antes de realizar la preparación y montaje de un ejemplar, debe ser capturado de su entorno natural y posteriormente sacrificado. Estos procesos se explicarán a continuación.

#### Métodos de captura

La **captura** del insecto se puede realizar de diferentes maneras, dependiendo del tipo de especie que se quiere capturar y de la función que tendrán los especímenes.

En general, cuando se tratan de capturas ejemplares de insectos no peligrosos, se suelen capturar directamente con los dedos.

Según el texto de Juan Márquez Luna, *'Técnicas de colecta y preservación de insectos'*, en el caso de los insectos voladores, es común usar un sistema de redes aéreas, y técnicas de fumigación para conseguir que los ejemplares caigan hacia el suelo. Estas son **técnicas de colecta directa**, que implican la búsqueda activa de una especie concreta, buscando de manera consciente en el entorno donde habita el individuo deseado. Las **técnicas de colecta indirecta** consisten en colocar algún elemento que atraiga a los insectos que se pretenden capturar, y no existe una búsqueda activa por parte del recolector. Las trampas atrayentes son las que causan un comportamiento en los insectos, provocando su acercamiento por instinto; pueden contener cebos, luz o calor. También es común que estas trampas no contengan atrayentes, y capturen a los insectos de una manera mecánica. (Luna, 2005)

### **Métodos de sacrificio**

Existe una serie de maneras de sacrificar a los ejemplares de insectos destinados a ser preservados para su estudio. En primer lugar, es un acto que se debería, por ética, realizar de la manera más rápida y humana posible, para evitar lo máximo el sufrimiento del insecto en cuestión.

En el caso de los insectos que se preservarán en líquido (frecuentemente alcohol etílico al 70%) se puede emplear este mismo líquido para sacrificar a los ejemplares, sumergiéndolos. (Walker & Crosby, 1988)

Los insectos que se preservarán en seco, y que además presentan alas membranosas o escamosas de gran fragilidad, se suelen sacrificar mediante una cámara letal, que se fabrica añadiendo un químico altamente tóxico que provocará la muerte del insecto a un frasco completamente cerrado, encerrando dentro al ejemplar. Los productos usados pueden ser cianuro potásico, acetato de etilo, éter o cloroformo. Estos dos últimos serían las opciones más éticas, ya que asfixian al insecto rápidamente y sin dolor alguno, al contrario que el cianuro que además es altamente tóxico para humanos y podría ocasionar accidentes laborales en caso de descuido. Se elegirá el producto que se adapte mejor a las distintas especies de insecto, ya que en el caso de las abejas sí que es recomendable el cianuro. Esto se debe a que ayudará a mantener los ejemplares blandos hasta el montaje, además de provocarles la muerte rápidamente. (Luna, 2005)

En el caso de insectos que presentan colores vivos en su exterior, y que se quiera preservar este color, se pueden sacrificar inyectando una disolución de ácido acético, formol, glicerina, agua destilada y nipasol sódico entre el tórax y el abdomen, empleando una

jeringa de insulina. También se puede mantener capturado al insecto y esperar a que muera de manera natural, pero se podría considerar una manera poco humana de sacrificio, ya que implica alargar el momento de la muerte, obligando al insecto a vivir en unas condiciones que difieren de su ecosistema habitual. [Luna, 2005 (Llorente et al.)]

### **Preservación**

La preservación de los insectos se realiza con el propósito de poder estudiarlos fácilmente, observando todas las características que identifican una especie concreta. Por eso, es importante que la preservación se realice de una manera de la cual no se obstruya la visión de ninguno de estos elementos.

Cuando se procede a disecar un ejemplar, el primer paso suele ser el disecado de un ejemplar macho del cual se extrae el genital masculino con el fin de montarlo en una placa que permita su observación en el microscopio. Estas placas acompañarán después la colección, ya que permite identificar la especie concreta en los casos en los que las demás características del insecto no son únicas. Este proceso se realiza con unas pinzas entomológicas finas bajo el microscopio estereoscópico. Para ello se pueden usar una serie de medios, siendo uno de ellos el Adhesivo DMHF (dimetil hidantoína formaldehído), que actualmente es empleado por los entomólogos del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona. Más adelante en este trabajo se especificarán los detalles y posibles usos de esta resina.

Los ejemplares que se montarán, siendo sujetados por alfileres entomológicos, se pueden limpiar cuidadosamente con una solución alcohólica al 70% y un pincel fino antes de empezar el montaje.

En ocasiones, si va a pasar un largo tiempo desde la recolecta hasta el montaje, los especímenes se pueden congelar (lo más apropiado es usar un congelador que pueda mantener la temperatura a  $-20^{\circ}\text{C}$ ) para evitar que las estructuras pierdan agua y se vuelvan rígidas (Murillo-Hiller, & Lezama, 2008).

Si el ejemplar ha empezado un proceso de secado, será oportuno hidratarlo en una cámara de hidratación. En el caso de los lepidópteros, suele ser necesaria la rehidratación, aunque la captura se haya realizado pocas horas antes, debido a que en el momento morir entran en *rigor mortis* y se produce tensión en los músculos que impide el desplegamiento de las alas. Este proceso se puede realizar dejando el ejemplar en una cámara de humedad durante un mínimo de 8 horas. (Schauff, 2001)

La colocación de los alfileres entomológicos es un proceso que variará de especie a especie, ya que en cada tipo se debe colocar en una posición diferente. Los alfileres deben ser de acero inoxidable, para que no haya riesgo de que sufran oxidación posteriormente que pueda manchar o dañar los ejemplares. (Walker & Crosby, 1988)

Los alfileres de acero inoxidable tienen la desventaja de que no son excesivamente rígidos, por lo que en el caso de insectos con un exoesqueleto de alta dureza se podrá primero perforar con un alfiler de acero común llamado alfiler negro (alfiler esmaltado) (Schauff, 2001).

Existen de varios tamaños y grosores, siendo los números 2-3 alfileres comúnmente usados para insectos de tamaño medio y válidos para muchos tipos de espécimen. (Walker & Crosby, 1988)

El montaje será realizado siempre de la manera que mejor posibilite los fines investigativos que pueda tener y de una manera estandarizada que permita mantener una uniformidad en las colecciones entomológicas. Estas técnicas se explicarán a continuación, ya que un buen montaje será también el primer paso para una correcta conservación a lo largo del tiempo. Además, es necesario saber cuál es la posición adecuada en la cual colocar un alfiler en el caso de que este se deba cambiar (por motivos de rotura o corrosión, por ejemplo).

Para empezar, los alfileres entomológicos se colocarán siempre con el insecto en posición horizontal, insertando la aguja en el tórax a un ángulo de 90 grados, y la cabeza del alfiler debe estar a 5 mm del cuerpo del insecto. En general, el primer par de patas se debe orientar hacia delante y los dos siguientes hacia detrás. Las antenas se deben colocar de manera que no se junten, y hacia delante si son cortas. Si son antenas muy largas, se pueden colocar hacia detrás, a lo largo del cuerpo del insecto, para evitar roturas y ahorrar espacio en la colección. A la hora del montaje, se pueden clavar los alfileres en un bloque de Ethafoam® o Plastazote®.

A continuación, se detallará la posición adecuada del alfiler en el caso de las órdenes más importantes:

- *Lepidóptera* (mariposas) y *Odonata* (libélulas) (F, G): el alfiler debe atravesar el centro del tórax en su parte más gruesa. Las alas deben ser adecuadamente desplegadas. (Schauff, 2001)
- *Coleóptera* (escarabajos) (C, E): el alfiler se inserta en la cubierta del ala derecha, saliendo por el mesotórax. En este caso, las alas no se deben desplegar. (Schauff, 2001)
- *Ortóptera* (grillos y saltamontes) (A, B): El alfiler se inserta en el pronoto, ligeramente hacia el lado derecho.
- *Himenóptera* y *Díptera* (D) (avispas, abejas, hormigas): el alfiler se debe clavar en el lado derecho del mesotórax. Las patas deben colocarse hacia los lados y las alas deben estar desplegadas de manera que se pueda observar claramente la estructura membranosa, sin solaparse las alas superiores e inferiores.

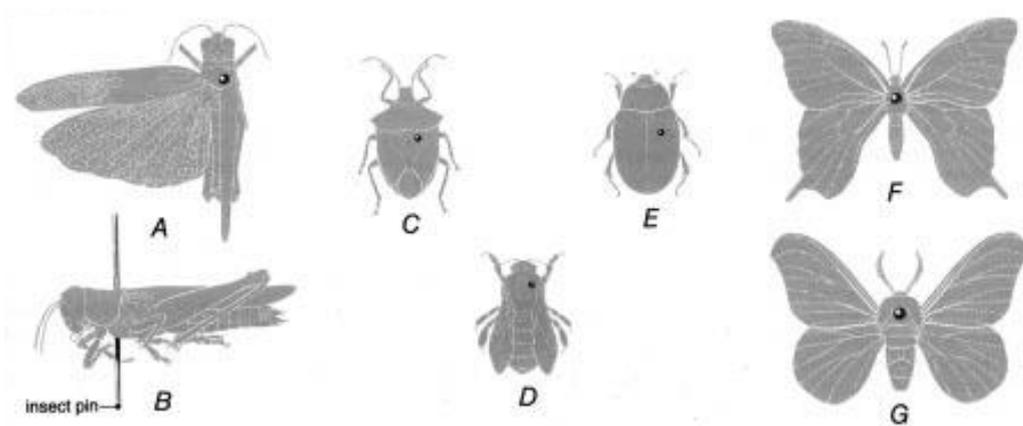
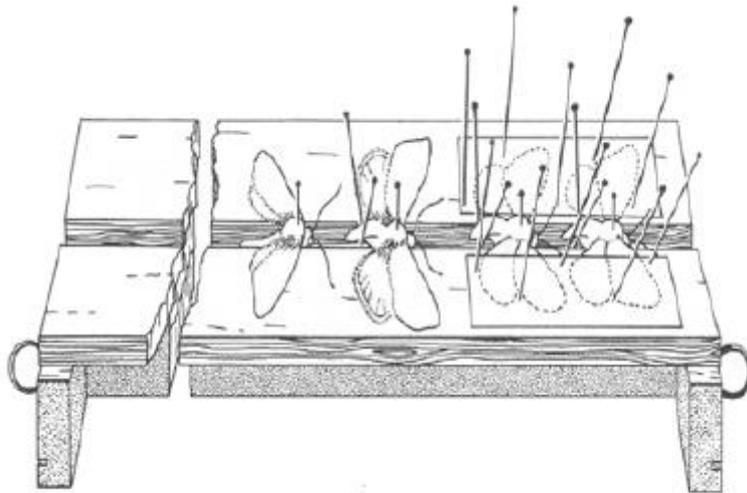


Fig. 4: Diagrama mostrando las posiciones correctas de los alfileres  
Steyskal et al. (1986)

Para conseguir la posición deseada del cuerpo del insecto, como por ejemplo de las alas en el caso de los Lepidópteros y otros ejemplares de alas grandes, se puede usar un bastidor en forma de bloque, con una apertura que coincida con el ángulo que se quiere dar a las alas. Las alas se despliegan, y como se puede ver en la siguiente ilustración, se mantienen en lugar con unas cartulinas o cintas sujetadas por alfileres, con cuidado de no perforar las mismas alas.



*Fig. 5: Bastidor*  
*Steyskal et al. (1986)*

Se colocarán también alfileres para sujetar los apéndices de los insectos en las posiciones deseadas, y se retirarán de manera cuidadosa una vez se hayan secado los ejemplares.

En el caso de ejemplares muy pequeños cuyo montaje en alfiler presentaría gran dificultad, es común adherirlos a un triángulo de cartulina. La cartulina se atraviesa con el alfiler en el lado más ancho, y la esquina opuesta se dobla ligeramente hacia abajo. En esta esquina plegada se adhiere el insecto, mediante un adhesivo como sería la cola entomológica (Walker & Crosby, 1988), cola blanca (acetato de polivinilo) (Murillo-Hiller, & Lezama, 2008), cola de caseína, esmalte de uñas transparentes y Shellac (Schauff, 2001).

El secado de los ejemplares, que se debe hacer antes de extraer los alfileres que mantienen en sitio las extremidades, se puede realizar de manera natural o se puede usar un horno de secado, manteniendo una temperatura baja de 35-40°C. El tiempo de secado dependerá del tamaño de los especímenes y de la humedad ambiental, aparte de la temperatura.

Los especímenes montados deberán siempre ir acompañados de su etiqueta donde el ejemplar es identificado para poder relacionarlo con sus datos de recolecta. La etiqueta suele ir también clavada en el alfiler. Estos datos son de gran importancia para el valor científico del espécimen, por lo que se deberá usar una tinta para escribir o imprimir que posiblemente sea insoluble en agua para reducir el riesgo de perder dicha información.

### 3. LA CONSERVACIÓN DE LAS COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS

#### 3.1. Agentes de degradación: factores externos

Los factores que amenazan la conservación de las colecciones entomológicas son, en general, los mismos que afectan a la mayoría de los bienes culturales y científicos. Los factores ambientales pueden suponer un gran riesgo si los métodos de almacenaje no son correctos. Una temperatura y humedad relativa elevada dará mayores probabilidades de que la colección sufra ataques microbiológicos, como serían invasiones de insectos y hongos. Además, los factores humanos serán la base de toda la degradación que pueda sufrir una colección científica, ya que una buena gestión por parte de los museos e instituciones es vital para la permanencia de los especímenes de historia natural en el tiempo. En este apartado se estudiarán los elementos que provocan la degradación de las colecciones entomológicas.

La degradación de especímenes puede ocurrir por los siguientes factores externos:

##### 3.1.1. Factores ambientales:

**Temperatura.** La temperatura elevada será desaconsejada para todas las colecciones formadas por materia orgánica. En general, el calor tiende a acelerar los procesos químicos que continuamente se llevan a cabo en la materia viva, aumentando así la velocidad de degradación. Además, provocan una mayor disecación y deshidratación de los especímenes, lo cual aumenta su fragilidad.

Por lo contrario, las bajas temperaturas, que por norma general son adecuadas para los ejemplares de historia natural, si son demasiado reducidas pueden llevar a causar craquelado y debilitamiento de las estructuras de los ejemplares, y también puede degradar los adhesivos que frecuentemente son usados en su conservación.

También se debe tener en cuenta el riesgo que puede suponer una gran fluctuación de las condiciones ambientales. Los cambios bruscos de temperatura pueden dar lugar a condensación en el interior de vitrinas y armarios, y esta humedad puede, a su vez, facilitar la aparición de moho. (*Temperature and Relative Humidity, 2021*)

**Humedad relativa (HR).** La humedad relativa puede tener grandes efectos en este tipo de colecciones, al tratarse de materiales orgánicos y frágiles. Una alta humedad relativa aumentará el peligro ante la invasión de microorganismos, como sería la aparición de moho. (Carter & Walker, 1999)

Como se deduce de un gran número de respuestas obtenidas en la encuesta planteada para la elaboración del presente trabajo, los especímenes entomológicos son muy estables químicamente, pero su mayor factor de riesgo es su susceptibilidad a ser consumidos por otros seres vivos. En un ambiente natural, los insectos que mueren son descompuestos

rápidamente por estos elementos. Por lo tanto, el hecho de conservar estas colecciones se podría considerar un desafío hacia los mecanismos de la naturaleza.

En conclusión, los distintos componentes orgánicos presentes en los ejemplares también tendrán un comportamiento diferente entre ellos respecto a la temperatura y la HR. Esto significa que un posible contraste de dilatación y encogimiento producidos por los factores ambientales puede dar lugar a degradaciones estructurales, provocando un debilitamiento mecánico de la materia. Esta evidencia no hace más que reforzar la certeza de que un buen control ambiental es vital para la conservación de las colecciones de insectos preservados en seco. Las medidas de prevención que urgen tomar se discutirán en el apartado de *Medidas de Conservación Preventiva*.

**Luz:** La incidencia de los rayos de luz visible y UV se suele, en general, considerar un elemento que se debe evitar para optimizar la preservación de las colecciones museísticas. En el caso de los insectos disecados, la luz directa puede palidecer significativamente los pigmentos que otorgan el color característico de cada especie.



*Fig. 6: Diferencia entre un espécimen expuesto a la luz y uno almacenado a oscuras.  
Fuente de imagen: Carter & Walker (1999).*

Sin embargo, esta degradación no se puede aplicar a los casos en los que la coloración de un insecto tiene su origen en la misma quitina de la cutícula, como ocurriría en los especímenes de mariposas y escarabajos de coloración iridiscente. El autor del blog (5) indica, además, que la presencia de cierta cantidad de luz puede ser beneficiosa respecto a un almacenamiento completamente a oscuras, ya que muchos de los insectos que pueden dañar las colecciones entomológicas (comentados a continuación) sobreviven en un entorno mayoritariamente oscuro. (Notton, 2018)

**Contaminantes ambientales:** Niveles altos de contaminación, tal y como los que se podrían esperar encontrar en una ciudad grande y traficada, pueden dar lugar a un ambiente interior con un pH ácido. Esta acidez puede llegar a promover la degradación de objetos museísticos, en el caso de que no haya un buen aislamiento entre el edificio de la institución y el exterior. (Pérez-Azcárate et al., 2021)

En el caso de los ejemplares de insectos montados en alfileres, la degradación más común es la corrosión de los alfileres. Este fenómeno se comentará en profundidad más adelante, ya que se trata de una degradación sobre todo ocasionada por factores internos. Sin embargo, la acidez del ambiente también tiene un gran efecto en los metales, y a menudo estos ácidos son segregados por materiales de la indumentaria como serían los muebles de madera, además de lacas y resinas presentes en muchos materiales contemporáneos (Grzywacz, 2006).

### 3.1.2. Biodeterioro:

Como se ha comentado en el párrafo anterior, el biodeterioro será el resultado de una incorrecta gestión de los parámetros mencionados. El biodeterioro se divide, a su vez, en dos categorías: la degradación provocada por microorganismos (hongos, bacterias) y la que es provocada por animales. El mismo NHM (*Natural History Museum* de Londres) lucha una batalla constante contra una serie de organismos que fácilmente se filtran en las instalaciones debido a la falta de medidas de prevención. (Cahal, 2013)

**Hongos y otros microorganismos:** El moho, el agente de deterioro encontrado con más frecuencia en los museos de Historia Natural, aparece con una gran facilidad en este tipo de colecciones de naturaleza orgánica. Ante un mínimo desajuste o variación de la HR se puede dar una invasión, ya que las esporas de diversos hongos están siempre presentes en el aire, y prácticamente imposibles de erradicar. En las muestras de insectos causa daños relevantes, ya que los enzimas emitidos por estos organismos degradan el material orgánico rápidamente, comprometiendo la estabilidad estructural de los ejemplares. (Crepeau & Thunberg, 2015)

**Insectos:** *Anthrenus sarnicus* (especie de escarabajo encontrada en Gran Bretaña) es capaz de entrar a través de finas grietas debido a su reducido tamaño, lo cual implica que a menudo, armarios y cajones cerrados no son, por su cuenta, una solución eficaz para evitar la entrada de plagas. Una colonia de este tipo de insectos es capaz de reducir una colección entomológica a polvo en poco tiempo. Otras especies de escarabajo que pueden alimentarse de, y, por lo tanto, deteriorar las colecciones de ejemplares de insectos, son, para poner algunos ejemplos, *Anthrenus verbasci*, *Attagenus smirnovi* y *Reesa vespulae*. Además de los distintos escarabajos (Orden de los Coleópteros) también hay insectos de otras órdenes que pueden llegar a alimentarse de los especímenes. Algunos de estos sería el *Liposcelis bostrychophila*, conocido como piojo de los libros (Orden Psocoptera), o los distintos pececillos de plata (*Ctenolepisma longicaudata*, *Lepisma saccharina*) que pueden alimentarse de las etiquetas que acompañan a los especímenes o de los mismos ejemplares de insectos. (Notton, 2018)

Además de los insectos mencionados, ciertas especies de roedores, como serían los ratones, también pueden dañar las colecciones de historia natural. (Cahal, 2013)

Aparte de estos factores mencionados, también se deberá añadir que otros riesgos importantes son, por ejemplo, los daños que pueden ser causados por desastres naturales, como serían incendios e inundaciones, además de problemas causados por problemas de infraestructura, como goteras o falta de control ambiental, y métodos de almacenamiento incorrectos. Se tendrá también en cuenta la importancia de una correcta seguridad en los museos, para proteger los objetos contra robos y vandalismo. (Fuente: cuestionario ANHM)

### 3.2. Degradaciones más frecuentes

#### 3.2.1. Desprendimiento de apéndices/daños físicos a los especímenes

Una manipulación brusca o incorrecta, como sería un transporte, desplazamiento o reubicación de una colección entomológica realizados sin tener en cuenta los procedimientos adecuados, podría tener consecuencias fatales para los ejemplares.

Christine Johnson, *collection manager* de las colecciones entomológicas del AMNH (Museo Nacional de Ciencias Naturales de América) al ser encuestada ha indicado que, en general, el estado de conservación de los especímenes del museo se arriesga cuando son movidos, a menudo debido a cambios en las clasificaciones taxonómicas que exigen una relocalización de los ejemplares. Lo mismo ocurre con movimientos causados por estudios científicos *in situ* de los ejemplares (una de las funciones más importantes de este tipo de colecciones), o durante el préstamo externo de ejemplares con el fin de ser estudiados. A veces las distintas colecciones son prestadas para ser expuestas en otras instituciones, con los riesgos que conlleva este transporte y manipulación.

Los insectos, una vez secos y montados sobre el alfiler, adquieren una gran fragilidad, ya que pierden parte de su flexibilidad original tras la deshidratación. Como se ha comentado en el apartado anterior, las temperaturas extremas (altas y bajas) pueden aumentar en gran medida esta fragilidad, junto a los ataques microbiológicos. El debilitamiento causado por los mencionados agentes de degradación se manifiesta, en la mayoría de las ocasiones, como pérdida de apéndices. Como se explicará en el siguiente apartado, también es común que estos rompimientos ocurran por la corrosión del alfiler entomológico del cual depende la estabilidad mecánica del ejemplar.

Sin duda, los elementos más propensos a desprenderse suelen ser las antenas y las patas, que poseen las uniones más débiles con el tórax y la cabeza. También es común que se desprendan otras partes que a simple vista parecen más robustas, como la cabeza, el tórax y las alas. Otras degradaciones semejantes que se han observado con frecuencia son traumatismos y pérdidas parciales de por ejemplo alas, ya que son estructuras muy delgadas que carecen de la robusticidad de las demás partes del cuerpo.

### 3.2.2. Corrosión de los alfileres entomológicos

Los procesos de degradación de los alfileres entomológicos son, de acuerdo con las respuestas dadas a la encuesta respondido por James Hogan (*collection manager* del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Oxford), uno de los mayores problemas de conservación que presentan las colecciones entomológicas. Esta degradación suele ocurrir por razones intrínsecas (reacciones propias del material que compone el alfiler) o puede deberse a una interacción entre el alfiler y el espécimen montado sobre él, o más bien a problemas ambientales (alta humedad, acidez en el ambiente) (Umney, 1992).

Estas reacciones pueden comprometer en gran medida los ejemplares de insectos, ya que, al alterarse, la aguja es reducida a polvo y su integridad desaparece, perdiéndose así toda la estabilidad estructural del insecto montado. En ocasiones, la creación de productos de corrosión con un gran volumen puede llegar a deformar por completo el espécimen.

#### **Verdigris**

Hoy en día, los alfileres entomológicos usados para el montaje de especímenes suelen ser fabricados a partir de acero inoxidable, un material robusto y en general estable frente a la corrosión y a los agentes externos. Antiguamente no era así, ya que no se tenía los mismos conocimientos y recursos que los existentes en la actualidad. A menudo se empleaban alfileres desarrollados con otros propósitos, que no tenían las características adecuadas (como el largo y el grosor). Además, estos alfileres se fabricaban con latón, bronce o cobre, u otras aleaciones conteniendo cobre, níquel y otros metales altamente reactivos en condiciones fuera de las ideales. (Hancock et al., 2011)



Fig.7: Degradación por verdigris en varios estados de deterioro  
Fuente de imagen: Garner et al. (2011)

El verdigris es una degradación encontrada a menudo en las colecciones de insectos montados con alfileres entomológicos. Es llamado así debido a su estrecha similitud visual con el pigmento tradicionalmente usado tradicionalmente en pintura, producido a partir de las distintas reacciones de corrosión del cobre (Cubino, 2016). Esta característica común

captó el interés de una investigadora de Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Oxford, que procedió a realizar un experimento de fabricación de acuarela y pintura al óleo con los residuos verdigris de alfileres desechados. El resultado fue una pintura verde apta para el uso artístico. (More than a Dodo, 2021)

El verdigris entomológico es una sustancia verde de textura parecida a la cera, que se origina de una reacción química entre el cobre presente en el alfiler y los lípidos que se encuentran en el interior del insecto, y por ello se puede observar como hilos verdes que a menudo salen de los orificios de perforación del alfiler, localizados en el tórax del insecto. Según Garner et al., los especímenes de especies de Lepidoptera cuyas larvas son barrenadoras de tallos de plantas<sup>1</sup> o cuyos ejemplares no se alimentan una vez alcanzado el estadio adulto tienen más probabilidades de sufrir formación de verdigris una vez montados en alfiler, posiblemente debido a su composición grasa. (Garner et al., 2011)

Los métodos de conservación que se aplican a los ejemplares afectados por verdigris serán comentados en el apartado *Tratamientos de conservación*.

### Otros tipos de corrosión

Los alfileres hechos de otros materiales ajenos al cobre, como serían los de acero inoxidable, también pueden llegar a presentar oxidación con cierta facilidad al estar en contacto con materiales o ambientes desfavorables. La oxidación de color verde presente en los alfileres suele, por regla general, tratarse del verdigris ya mencionado. Aun así, se han encontrado casos puntuales en los cuales alfileres que han formado corrosión de color verde diferente al verdigris han resultado tener níquel en su composición.

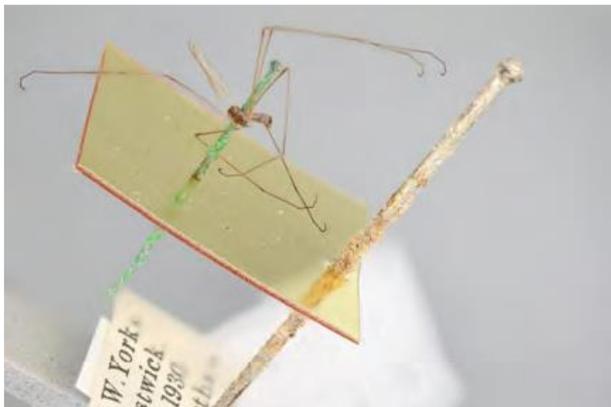


Fig. 8: Alfiler con corrosión de un color verde distinto del Verdigris. Identificado como níquel en análisis.

Fuente de imagen: Hancock & Ryder (2020)

---

<sup>1</sup> Los insectos barrenadores de tallos son aquellos que se alimentan taladrando los tallos de los árboles, desde el interior. (Constantino & Benavides, 2015)

Los alfileres que contienen hierro producirán, con facilidad, óxidos férricos, que tienen la capacidad de debilitar en gran medida el alfiler, además del espécimen que lo contiene.

Los alfileres de acero no inoxidable tienen la tendencia de crear deposiciones minerales que crecen sobre el alfiler. Este fenómeno se hace incluso más frecuente cuando los especímenes se hallan almacenados en cajas o cajones de almacenaje forrados con corcho, ya que esta cristalización de minerales de composición desconocida suele aparecer en la parte del alfiler que está en contacto con el corcho. (Garner et al., 2011)



Fig. 9: Alfileres de acero no inoxidable con formación de óxido.

Fuente de imagen: Garner et al. (2011)

### 3.3. Reparaciones históricas y evolución de los criterios de intervención

En la actualidad, los criterios de intervención que se aplican a la hora de conservar y restaurar los especímenes entomológicos son siempre de mínima intervención, y hay un enfoque importante en que ningún tratamiento realizado deberá alterar las características físicas ni químicas del ejemplar, ya que esto rebajaría en gran medida su valor científico, además de que obstaculizaría cualquier uso investigativo que se podría dar al ejemplar. El mantenimiento del ADN de los especímenes también se considera de gran importancia, y es un elemento que se tiene en cuenta a la hora de elegir materiales y métodos de tratamiento. Los métodos de conservación que se llegan a aplicar en el siglo XXI se describirán en el siguiente apartado, *Tratamientos de conservación y restauración*.

Antiguamente no se opinaba siempre de esta manera, ya que, a juzgar por las antiguas intervenciones que se han encontrado en recopilaciones de especímenes que han sido recolectados por naturalistas del s. XVIII-XIX, el criterio más valorado era la integridad visual del conjunto. En el caso de una colección estudiada por Brown y Hancock, antigua

propiedad del coleccionista británico William Hunter (1718-1783). Los autores indican en su artículo:

*“(...) Una de las características importantes de la colección son los números que se encuentran en buen estado de conservación dada su edad de al menos 200 años. En varios casos, esta apariencia fue superficial y se basó en algunas reparaciones notables y efectivas que han sido realizadas.”* (Brown y Hancock, 2007)

Los tratamientos históricos más encontrados en la colección de Hunter fueron la adhesión de piezas sueltas, el reemplazamiento de partes perdidas, y los parches colocados para tapar pequeñas pérdidas. En el caso de la adhesión de piezas se usaron colas animales fácilmente reversibles, en ocasiones puestas en una cantidad excesiva. En algunos casos los apéndices adheridos fueron colocados en el lugar equivocado del ejemplar, o en el ejemplar equivocado.

Respecto al reemplazamiento de elementos perdidos, se pudieron observar casos en los que partes enteras del cuerpo (por ejemplo, tórax y abdomen) habían sido sustituidos por un tórax falso, modelado de manera similar al original y retocado cromáticamente para no destacar respecto al resto del ejemplar. En otra ocasión, las antenas de un espécimen de mariposa habían sido reemplazadas por plumas finas de ave, con las barbas cuidadosamente rebajadas.

*Fig. 10: “Antenas” realizadas con plumas.*

*Fuente de imagen: Brown & Hancock (2007)*



En los casos donde se han aplicado parches, estos han tenido una función de reintegración, y en algunos casos de consolidación de piezas poco cohesionadas o soporte estructural. Los casos más llamativos sin duda son los que incluyen una mariposa cuyas alas han sido reintegradas o reforzadas empleando alas de otras mariposas, en el reverso del espécimen. Estas intervenciones no se ven a simple vista cuando el ejemplar está montado en el alfiler, por lo que la estética general de la colección no es alterada. Se podían realizar estos “injertos naturales” con alas provenientes de la misma especie de Lepidóptera, aunque a menudo se empleaban fragmentos de alas de mariposas más comunes que la reparada, ya que podían ser sacrificadas para reparar un espécimen exótico o de gran valor. (Tauber, 2017).



*Fig. 11 y 12. Mariposa reparada con alas de múltiples ejemplares de distintas especies.  
Izquierda: reverso. Derecha: anverso, no se observa la reparación.  
Fuente de imagen: Tauber (2017)*

Además del uso de alas de mariposa, también se adherían otros tipos de refuerzos a las alas de ejemplares de Lepidóptera. Brown y Hancock explican que, en algún caso, se encontraron finas láminas de mineral de mica adherido al reverso del ala, supuestamente para reforzar desgarros. La mica es un mineral transparente y de muy poca dureza, pero de gran resistencia, que se puede dividir en láminas de muy poco grosor, lo cual permite hacer una reparación flexible y duradera. Además, se enlaza fácilmente con adhesivos solubles en agua, y es químicamente neutro e inerte. Se trata de un caso único que no se ha vuelto a documentar.

En otros ejemplares de mariposa, se han encontrado injertos realizados en papel, cortados con la forma de ala natural y encolados por el reverso. Estos parches también se han retocado cromáticamente con acuarelas con gran delicadeza, imitando el patrón original del ala.

Respecto a la función estructural de soporte, se han encontrado arreglos en los cuales predomina una necesidad de mantener las partes del cuerpo del insecto en su lugar, ante riesgo de desprendimiento o de separación del alfiler. En estos casos, los materiales empleados han sido alfileres secundarios, piezas de corcho colocadas bajo el insecto en el alfiler principal, o pequeñas gotas de adhesivo.

(Brown & Hancock, 2007)

#### 4. TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

Tras entrevistar a profesionales de distintos museos e instituciones acerca de los cuidados que se prestan a los especímenes entomológicos que poseen, el mayor punto común de las entrevistas fue un acercamiento de mínima intervención hacia los tratamientos de conservación. En general, los museos contactados tienen colecciones de miles de ejemplares, que se hallan en buen estado y que además presentan una gran estabilidad. Por estos motivos, los tratamientos realizados son mínimos.

Además de que los ejemplares guardados no necesitan tratamientos excesivos, estas instituciones pretenden preservar, sobre todo, la integridad científica de cada espécimen para que pueda servir, en caso de ser útil, en investigaciones de diversa naturaleza.

En este apartado se hablará de las prácticas que se llevan a cabo en los museos mencionados, además de tratamientos que son comunes en el mundo de las colecciones entomológicas, privadas o localizadas en museos. Muchos de estos tratamientos se realizan escasamente en la actualidad, pero aun así es interesante que se tenga constancia de cómo se desarrollan, además de los materiales (adhesivos, disolventes, equipamiento...) que son utilizados.

#### 4.1. Limpieza y desinfección

Una colección que no es adecuadamente monitorizada, o que se halla expuesta a suciedad o contaminación exterior, tendrá una tendencia a acumular grandes cantidades de polvo. Estas acumulaciones tienen un carácter altamente higroscópico, lo que puede aumentar el contenido de humedad en zonas concretas. Como ya se ha comentado, este tipo de situaciones atraerán también a insectos que pueden llegar a alimentarse de los especímenes, dejando así residuos de mudas y excrementos que suponen una fuente adicional de suciedad. Si un conjunto de ejemplares es encontrado en un estado similar, es importante realizar una limpieza lo más profunda posible para detener el desarrollo del problema.

##### 4.1.1. Limpieza de suciedad superficial

En la mayoría de los casos, la suciedad que se encuentra sobre los ejemplares será superficial. En estos casos, se puede eliminar con mucho cuidado con una pera de aire, aplicando una pequeña corriente de aire sobre el objeto en cuestión y pasando con un pincel fino y suave. Con un trapo de algodón humedecido con alcohol o con agua y jabón neutro, se puede eliminar los restos de polvo de la caja o cajón entomológico que contiene los ejemplares, y del cristal de este. (Muñoz et al., 2021) En ejemplares, como serían los lepidópteros, que cuentan con la presencia de pequeños pelos en el cuerpo, es importante asegurarse de que la limpieza no cause el desprendimiento de estos. Realizar el tratamiento bajo microscopio o lupa facilita la buena observación y minimiza los riesgos de este proceso.

##### 4.1.2. Métodos de limpieza para análisis microscópicos

Si la intención de la limpieza de un ejemplar es darle un uso investigativo, como sería por ejemplo la fotografía con microscopio electrónico, que es el caso que se da en el artículo publicado por J. du G. Harrison, “*Cleaning and preparing adult beetles (Coleoptera) for light and scanning*”, se emplearán técnicas específicas.

En este artículo, el autor explica cómo realiza la rehidratación y limpieza de especímenes de Coleóptera, de una manera no destructiva para el ejemplar. Para realizar este tipo de análisis, que permiten observar de manera muy amplificada las estructuras del insecto, es importante que no haya partículas de suciedad que obstaculicen esta observación.

Para ello, el ejemplar se ha sumergido en un recipiente con agua destilada caliente (90-95°C), con el objetivo de reblandecer los músculos y extremidades, durante un tiempo variable según el tamaño del ejemplar. A continuación, el espécimen se ha sumergido en jabón líquido, y posteriormente, se ha introducido en un líquido surfactante dentro de un limpiador ultrasónico.

Es importante remarcar que el autor indica que esta técnica sólo es apropiada para ejemplares de cierta robusticidad, ya que un insecto de estructuras más frágiles o previamente debilitado por ataques biológicos podría resultar dañado por este tratamiento. También conlleva la necesidad de volver a montar el insecto en alfiler entomológico y realizar un secado gradual en disoluciones de etanol con concentración ascendente, para evitar diferencias bruscas de humedad. (Harrison, 2012)

Además de esta técnica existen otros métodos que se emplean para la limpieza de ejemplares que se someterán a estudios y análisis. Son los siguientes: limpieza con/sumersión en ácido acético glacial, sumersión en agua caliente con jabón y posterior limpieza mecánica con pincel, inmersión en disolución de hidróxido sódico, inmersiones consecutivas en ácido hidroc্লórico y bicarbonato sódico, y remojo en hipoclorito de sodio.

Pradelli *et al.* (2021) indica que todos los métodos fueron efectivos, pero que la limpieza con agua y jabón, hidróxido sódico y limpiador ultrasónico fueron los más respetuosos con el ADN del ejemplar. Además, remarca que este tipo de tratamientos siempre supondrán una pequeña modificación del ejemplar a nivel molecular, la cual aumentará con el tiempo de exposición al tratamiento. El factor más importante que se debe tener en cuenta es el mantenimiento estructural del espécimen, además de la integridad y extractibilidad del ADN. (Pradelli *et al.*, 2021)

Es necesario subrayar que este tipo de limpiezas profundas no son necesarias para la conservación de colecciones entomológicas, sino que se realizan de manera ocasional con un número reducido de ejemplares asegurando que en la colección siempre queden individuos de las mismas especies inalterados.

#### 4.1.3. Desinsectación

Cuando uno o más ejemplares de un conjunto muestran evidencia de la presencia de hongos o plagas, el primer paso que se debe tomar es aislar el ejemplar del resto de la colección. Si se cree que los insectos u hongos se encuentran en un estado inactivo/muerto, se debe

realizar un periodo de cuarentena antes de volver a reintroducir los ejemplares en la colección. (Muñoz et al., 2021)

De las instituciones entrevistadas para la realización de este TFG, el American Museum of Natural History indica que, como medida de prevención, todos los especímenes introducidos en las colecciones son congelados a  $-40^{\circ}\text{C}$  durante tres días. La intención de este proceso es matar todas las especies de insectos que se puedan hallar sobre los ejemplares, y evitar una infestación masiva.

Esta es una solución efectiva, ya que está demostrado que una exposición a  $-30^{\circ}\text{C}$  mínimo durante 3 días debe acabar con la mayoría de las plagas. Los ejemplares que se someterán a la desinfección deberán estar envueltos en un material aislante y neutro (para evitar cambios bruscos de HR), y la temperatura debe ser monitorizada frecuentemente (Pinninger, 2003).

Ninguna de las instituciones consultadas ha compartido posibles protocolos de desinsectación en casos de infestación, sino que están enfocados en llevar a cabo todas las medidas preventivas necesarias para evitar este suceso. Ninguna de ellas emplea insecticidas para prevenir la aparición de insectos, con la excepción del Centro de Recursos de Biodiversidad Animal, localizado en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. En este centro se añaden piretrinas a las cajas entomológicas, que son insecticidas naturales provenientes de la planta *Chrysanthemum* que, en teoría, tienen una alta toxicidad para los insectos sin suponer un peligro para los humanos y otros mamíferos. (*¿Cómo actúan las PIRETRINAS?*, 2014)

En el pasado se empleaba con frecuencia la naftalina como agente ahuyentador de plagas, colocado en el interior de los cajones entomológicos, pero su uso ya no es recomendado debido a su alta toxicidad (Fuentes: encuestas respondidas por el ANHM y MNCN). Ackery *et al.* denomina la naftalina como el “*mayor contaminante encontrado en las colecciones de insectos*”. (Ackery et al, 2004).

Otra solución que se emplea frecuentemente para erradicar una plaga de insectos en una colección entomológica es el tratamiento con calor, ya que las temperaturas por encima de  $52^{\circ}\text{C}$  terminan con la mayoría de las plagas propias de los museos en tan solo una hora (Pinninger, 2003). Según un estudio publicado por Ackery *et al.*, en el cual se realiza la extracción y amplificación con método PCR de ADN de ejemplares de *Lepidoptera* sometidos a  $52^{\circ}\text{C}$  durante tres horas, estos ciclos de temperatura no afectan negativamente a las características del ADN, lo cual quiere decir que no son un peligro para el valor científico del ejemplar.

#### 4.1.4. Desinfección

Condiciones húmedas, o un almacenamiento con temperatura y HR inestables, pueden provocar una aparición de hongos (como sería el moho) sobre especímenes de insectos. Al estar compuestos los especímenes por materia orgánica, suponen una fuente de alimentación adecuada para estas especies microbiológicas, que segregan enzimas que degradan de manera química los materiales afectados.

Si uno o varios ejemplares entomológicos estuvieran infestados por hongos, se podría identificar a simple vista por un crecimiento “peludo” sobre el ejemplar, de color blanco, negro o verdoso (aunque existen hongos de una amplia variedad de colores). Para confirmar la hipótesis de la presencia de hongos, se puede realizar una observación bajo microscopio o realizar una cultura a partir de una toma de muestra, bajo condiciones controladas.

Este tipo de infestaciones puede debilitar rápidamente un insecto disecado, alimentándose de celulosas y proteínas en su composición [Thacker et al., 2008, (Strang and Dawson, 1991)]. La eliminación completa de estos organismos es prácticamente imposible, ya que las esporas se reactivan cuando alcanzan las condiciones de humedad necesarias (HR > 65%). (Thacker et al., 2008).

En la investigación llevada por Thacker et al., donde se prueba la eficacia de métodos de desinfección en especímenes de Historia Natural, los ejemplares en cuestión se encuentran infectados por el hongo *Aspergillus Fumigatus*, común causante de moho negro. Esta especie produce, además, micotoxinas que pueden causar síntomas respiratorios en humanos (aspergilosis).

En esta investigación, la aplicación de solución hidroalcohólica al 70% fue considerada la solución más segura para los trabajadores y para la integridad (física y molecular) de los ejemplares, ya que el alcohol erradica las **hifas** del hongo por deshidratación y desnaturalización de las proteínas. Los ejemplares fueron sumergidos en la solución durante 24 horas, y mostraron unos resultados buenos a largo plazo, ya que al controlar las condiciones ambientales no ha reaparecido la infestación. (Thacker et al., 2008)

Es importante mencionar que el tratamiento mencionado se empleó en el caso de especímenes de huesos de reptiles y peces, por lo que no se puede afirmar que una sumersión de 24 h en alcohol sea un método aplicable a los ejemplares de insectos montados en alfiler.

En un experimento publicado por Brown, 2015, hace una prueba eliminando crecimientos de hongo con un líquido desinfectante comercial destinado para uso doméstico llamado Lysol, cuya formulación incluía un 0,1% de sacarinato de alquil dimetil bencil amonio, y un 58% de etanol. El tratamiento se aplicó por pulverización y fue efectivo para eliminar el crecimiento fúngico. (Brown, 2015).

Aun así, no se ha testado el efecto que puedan tener estos compuestos sobre los ejemplares, su estabilidad química y la integridad de su ADN, por lo que no se puede afirmar que se trate de una manera segura de eliminar estas infestaciones. Tampoco es posible determinar si el tratamiento erradicará todas las especies distintas de hongo que puedan crecer sobre especímenes entomológicos.

La desinfección de una colección entera de especímenes, como las que son encontradas en la mayoría de los museos de Historia Natural, a menudo compuestas por miles o millones de ejemplares, requeriría una gran cantidad de recursos humanos y económicos. Por eso, la mayoría de las instituciones optan por buenas medidas de prevención para evitar estas situaciones desde un principio

#### 4.2. Cambio de alfileres deteriorados

Tal y como se ha comentado en el apartado 3.3.2., la corrosión de alfileres entomológicos hechos de materiales que se degradan con facilidad es un gran problema de conservación para los conjuntos de insectos. En casos extremos donde la degradación de los metales que componen los alfileres supone un peligro para los especímenes, es oportuno realizar un cambio por alfileres de características adecuadas, como serían las de acero inoxidable que se fabrican actualmente.

Garner et al. (2011) proponen un método en su artículo *Conservation of Insect Specimens Affected by Verdigris*, donde realizan este tratamiento a ejemplares afectados por verdigris, explicando además que la misma metodología se puede aplicar a todas las formas de corrosión. Tal y como explican, el primer paso será eliminar el verdigris depositado sobre el ejemplar mediante un pincel fino. A continuación, se extraerá el alfiler, y el método de extracción variará según la especie que se esté tratando y la robusticidad del ejemplar.

En el caso de especies de *Lepidoptera*, el Museo de Ciencias Naturales de Londres (NHM) emplea una máquina fabricada por el mismo museo, por lo que se trata de una tecnología única e irremplazable. La máquina tiene una placa metálica, que al entrar en contacto con el alfiler emite una corriente eléctrica que quema el tejido interno del ejemplar que se encuentra adherido al alfiler. Se emplea este método en lepidópteros debido a su naturaleza grasa, que causa una gran adhesión al alfiler; además, sus características físicas no permiten una sumersión.

En un caso de tratamiento en un lugar ajeno al NHM, donde no se dispondría de esta máquina, un método alternativo para desprender el ejemplar de la aguja está basado en calentar la aguja, acercando la punta a una fuente de calor como sería una espátula caliente. En algunos casos, también se ha añadido unas gotas de etanol al orificio de entrada al alfiler. (Knežević et al. (2019)

A continuació, el exemplar se col·loca sobre una planxa de espuma Plastazote® i se travessa amb un alfiler d'un tamany algo major que el original. Si el orifici d'entrada és molt ampli i el exemplar no queda fixat en el alfiler, es pot afegir una gota d'adhesiu a l'aguja.

En el cas d'insectes més robustos, com els coleòpters, el mètode emprat consistirà en submergir l'exemplar en aigua, després prèviament col·locar el alfiler sobre un bloc de Plastazote®. L'exemplar es submergirà sota l'aigua durant uns minuts en aigua destil·lada calenta (a uns 70°C) i a continuació es podrà eliminar l'aguja amb facilitat i inserir una nova.

En el cas d'exemplars molt robustos, com exemplars grans d'escaraball, es pot extreure el alfiler directament subjectant l'exemplar amb pinces, retirant el alfiler amb tenalles fines. Igual que en els casos anteriors, s'haurà de posar un alfiler d'un tamany algo major que el original. (Garner et al., 2011)

### 4.3. Adhesió de fragments, consolidació i reintegració

#### 4.3.1. Adhesió de fragments

De les institucions que han estat encuestades, una gran majoria afirmen que actualment ja no realitzen la reconstrucció d'exemplars que han perdut apèndixs. Quan s'encuentren les peces caïdes, el protocol que se sol seguir és adherir aquests fragments a un element extern, com seria un petit cartó, emmagatzemat juntament amb l'exemplar. Per a aquesta funció també s'empra microtubs o càpsules de gelatina, i s'utilitzen amb freqüència quan els fragments caïdos són massa fràgils per adherir (Tauber, 2017).

Segons les dades explicades per Marta Pérez, restauradora del Museu de Ciències Naturals de Barcelona, en aquesta institució sí que es realitza la reconstrucció d'exemplars dels quals els apèndixs caïdos es poden associar amb l'exemplar amb absoluta certesa. Aquest procés es porta a terme per entomòlegs contractats pel museu, ja que conèixer perfectament la taxonomia i anatomia específica de cada espècie d'insecte amb la qual s'està treballant és indispensable per realitzar aquests tipus de reparacions de manera correcta. Com explica Christine Johnson, *collection manager* del AMNH, el coneixement de la nomenclatura taxonòmica és molt important per manipular aquests tipus de col·leccions, ja que permet portar a terme la recollida i preservació d'especimens de manera que les característiques morfològiques desitjades quedin visibles.

En el cas que aquest tractament fos portat a terme per un conservador-restaurador, hauria de ser sempre en col·laboració amb un entomòleg.

Para llevar a cabo este tipo de tratamiento extremadamente delicado, es apropiado usar unas pinzas de relojero. También supone una gran ventaja realizar el tratamiento mediante observación bajo microscopio o lupa.

Para realizar el proceso de adhesión de piezas de insectos, se puede usar una pequeña cantidad de adhesivo, aplicado directamente sobre el punto de unión de la pieza a pegar y el cuerpo. Como se ha mencionado anteriormente, también es una práctica comúnmente empleada encolar las piezas sueltas a una pieza de cartón. Los adhesivos que se pueden usar para estas intervenciones se comentan a continuación, debatiendo las características positivas y negativas de cada uno de ellos.

#### 4.3.1.1. ADHESIVOS

Dependiendo de las características del adhesivo, éste afectará al ejemplar o a sus fragmentos de una manera u otra. Como indica Andrew R. Deans en su publicación “*A review of adhesives for entomotaxy*” (*Una reseña de adhesivos para la entomotaxia*), no existe ningún adhesivo concreto que se utilice de manera estandarizada por todos los entomólogos del mundo. Este hecho se ha podido comprobar con las respuestas a la encuesta realizada para este trabajo, ya que cada institución cuestionada empleaba un adhesivo distinto en sus tratamientos. En su publicación, Deans (2018) también habla de la necesidad de investigación sobre estos materiales, ya que, en el caso de muchos de ellos, su posible efecto sobre los ejemplares a largo plazo es completamente desconocido. Además, menciona la posibilidad de adaptar el uso de materiales de conservación de diversas tipologías de bienes culturales (cerámica, documento, pintura...) a la conservación de las colecciones naturales. Esta idea es muy interesante, ya que es de las primeras publicaciones consultadas que establece una comparación semejante.

Los principales requisitos que deben cumplir estos adhesivos son los mismos que tendrán cualquier material aprobado para el uso en la conservación y restauración. Los requisitos que se tendrán más en cuenta al realizar este trabajo son:

- La reversibilidad. El adhesivo se debe poder disolver con facilidad para cambiar el montaje del ejemplar, por ejemplo, o para realizar cualquier estudio u observación de este.
- El producto deberá tener un buen envejecimiento, es decir, el paso del tiempo no deberá alterar su composición química de una manera que pueda perjudicar a los materiales con los que está en contacto (cartón, cutícula de insecto, o alfiler entomológico). Deberá ser un producto químicamente estable y no reactivo respecto a los materiales mencionados.
- El adhesivo debe ser fácil de usar, y no debe requerir uso de disolventes de difícil disponibilidad. Además, debe ser seguro y no tóxico para la persona que lo manipula.

Otros factores que se deberán tener en cuenta a la hora de aplicar un adhesivo directamente sobre un espécimen entomológico también serían:

- Estabilidad estética: el adhesivo no debe amarillear ni encogerse con el paso del tiempo.
- Los adhesivos que tienen una fuerza excesiva, un gran cambio de volumen durante el secado o una temperatura de transición vítrea alta no serán ideales para este uso. (Deans, 2018)

En su artículo, Deans concluya que, ya que cualquier adhesivo testado tendrá ciertos inconvenientes y es complicado encontrar uno que cumpla todos los requisitos, es posible que lo más adecuado fuera cambiar el uso de adhesivos por el uso de agujas de tamaño muy pequeño llamadas *Minutens*. Este cambio se podría hacer como alternativa a adherir ejemplares de pequeño tamaño a cartones, pero a la hora de reparar ejemplares con fragmentos sueltos, será siendo importante encontrar un adhesivo con las características adecuadas.

A continuación, se explicarán las características de los adhesivos que han sido mencionados en las respuestas al cuestionario realizado.

### **Adhesivo nitrocelulósico**

Comercializado en España bajo el nombre Imedio<sup>®</sup>, entre otros, se trata de un polímero formado por nitrato de celulosa. Es un ingrediente común en el esmalte de uñas transparente, que ocasionalmente también es usado en la readhesión de fragmentos de insectos.

El adhesivo nitrocelulósico de calidad intencionada para la restauración (como el de la marca HMG, por ejemplo) se sigue usando en la conservación de materiales arqueológicos. El pegamento como sería el Imedio<sup>®</sup>, que es de uso universal, no se recomienda para usos de conservación, ya que su envejecimiento no es óptimo. Varias fuentes indican que es un material que al cabo de unos años se vuelve quebradizo, y el poder de adhesión sufre una pérdida significativa. (Mezquíriz, 2013)

### **Colas animales**

Entre las colas animales que existen (cola fuerte, isinglass, cola de conejo...) una que actualmente se sigue usando en el Museo de Historia Natural de Londres es el *seccotine*. Esta es una cola con origen de pescado, parecida al isinglass, que es extraída de la vejiga natatoria de varias especies de peces. En general, las colas animales tienen una gran fuerza de adhesión y son fácilmente reversibles en agua.

En el caso de especímenes de historia natural, emplear colas de origen animal no es lo más indicado. Esto se debe a que las colas pueden interferir con el ADN original del espécimen, dando posibles resultados erróneos a la hora de realizarle pruebas a un ejemplar que

contenga restos de este tipo de colas. Este suceso se debe a que la cola dispone de sus propios restos de ADN animal, el cual aparece degradado de una manera de la cual la hace imposible de identificar por sus características fisicoquímicas. (Nicholson et al., 2002)

Además, las colas animales son susceptibles a los ataques microbiológicos [Dean, 2018 (Roff y Scott, 1971)], los cuales presentan uno de los mayores problemas de conservación de este tipo de colecciones. Además, tienden a ser rompedizos y a sufrir un gran encogimiento durante el secado (Schellmann, 2007).

### **Shellac**

El shellac, o **goma laca**, comúnmente comercializado para el uso cosmético en lacas de uñas semipermanentes, es una resina natural que es producido por el gusano de la laca (*Kerria lacca* o *Tacchardia lacca*), y es depositado sobre los árboles de los cuales se alimenta y posteriormente recolectado. Su composición se divide en un 75% de resina, 6% de agentes colorantes y aproximadamente 6% de cera. (Horie, 2010)

Es un material que posee una elevada fuerza de adhesión, y ha sido uno de los materiales más empleados para la adhesión de especímenes a lo largo de la historia. En la actualidad se sigue usando en gran medida en museos e instituciones, como es el Museo de Historia Natural de Londres. Según Deans (2018), los problemas que surgen con el uso de este adhesivo se deben, sobre todo, a la gran fuerza de adhesión que ejerce sobre los materiales a los cuales se aplica. La goma laca tiende a perder adherencia con el tiempo, y las uniones se debilitan; no obstante, esta rotura de unión puede causar la degradación del material al que se encuentra adherido.

Otro criterio que este material no cumple es el de la fácil reversibilidad. El shellac es una sustancia termoplástica, por lo que se ablanda con la aplicación de calor, pero su eliminación completa es muy complicada y exige la acción de disolventes además de la temperatura. Además, el hecho de que sea un producto natural hace imposible controlar completamente sus características y comportamiento ya que su composición será variable.

### **Adhesivos Jade<sup>®</sup> y Elmer's Glue<sup>®</sup> (marcas estadounidenses) (acetato de polivinilo)**

Estos dos adhesivos son usados por los conservadores de las colecciones entomológicas del *American Museum of Natural History*. Básicamente se tratan de distintas dispersiones de acetato de polivinilo, comúnmente llamado cola blanca. Según una encuesta realizada por Deans (2018) el 75% de los entomólogos respondientes a su cuestionario han reportado usar este adhesivo a la hora de tratar especímenes de insectos. La cola de la marca Jade<sup>®</sup>, en concreto *Jade No. 403*, es un adhesivo formulado para la conservación y encuadernación, y según las indicaciones de los fabricantes tiene un pH neutro. (*Jade 403*, n.d.)

La cola *Elmer's<sup>®</sup>* es un adhesivo multiusos, empleado para todo tipo de materiales. Su formulación no está específicamente adaptada a la conservación, y según Down et al, (1996)

se pueden observar unas mediciones ácidas tanto en la emulsión como en las películas formadas una vez seco el adhesivo.

Los adhesivos formados por dispersiones de acetato de polivinilo presentan formulaciones muy distintas según la marca estudiada, y de allí diferirán también sus propiedades y su envejecimiento.

En la investigación conducida por Down et al. En 1996, se concluyó que muchos adhesivos polivinílicos emiten vapores de ácido acético en las semanas posteriores a su aplicación, pero que, pasado este tiempo, estas emisiones se reducen al mínimo y no suponen un gran riesgo. También indica que muchos de estos compuestos tienen niveles de pH aceptables para su uso en conservación. En un estudio realizado por Campo Frances et. al, (n.d.) se concluyó que la aplicación de PVAc sobre soportes de papel durante los años 80 no había supuesto una acidificación de dicho soporte, sino más bien lo contrario. Por eso, se podría concluir que, de los problemas que representa el uso de PVAc, la acidez no debería provocar una gran preocupación. El mayor inconveniente de usar estos adhesivos es su irreversibilidad, ya que una vez seco el PVAc forma enlaces relativamente insolubles.

Es posible ablandar el adhesivo mediante agua caliente y eliminarlo de forma mecánica, pero para un objeto tan frágil como es un insecto disecado, este proceso supondría grandes riesgos. Otra desventaja para este uso concreto del PVAc es que tiene una temperatura de transición vítrea baja, lo que hace que atrape fácilmente partículas de polvo y suciedad y no deberá estar expuesto a ello (Horie, 2010) [Deans, 2018 (Karsten and Kerr 2002)]. A su vez, la presencia de suciedad es un factor de riesgo para la proliferación de microorganismos.

### **Adhesivo EVA (etileno-acetato de vinilo) con pH neutro**

Este adhesivo es actualmente usado por los entomólogos del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Oxford. Se trata de un copolímero de etileno y acetato de vinilo, donde los dos componentes tienen una proporción variable. Este adhesivo tiene propiedades similares a las del PVAc, pero en un estudio realizado por Glover (2018) se ha indicado que, en general, las colas EVA de ciertas marcas tienen una menor emisión de ácido acético en las primeras semanas de su aplicación que los adhesivos PVAc. (Glover, 2018)

### **DMHF (Dimetil hidantoina formaldehido)**

El DMHF es una resina sintética, frecuentemente usada para el montaje de genitales de insectos con el objetivo de estudiarlos de manera conveniente. Tiene unas buenas características ópticas, su índice de refracción es de 1,45, lo cual conlleva una alta visibilidad del objeto sumergido en la resina (fuente: entrevista con Marta Pérez-Azcárate). El compuesto Dimetil Hidantoina se usa frecuentemente gracias a sus características filmógenas en formulaciones cosméticas, tintas, y fibras textiles.

Este adhesivo es completamente soluble en agua, y por consecuencia, reversible. Gracias a su gran transparencia no provoca cambios ópticos, y por ello es empleado como adhesivo

para reparaciones de especímenes en el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona. Presenta un pH relativamente neutro (6.5-7.5).

Según la ficha de seguridad de la resina obtenida por el distribuidor *Entomopraxis* localizado en Barcelona, la composición de la resina vendida es de 75% del polímero 5.5-Dimetilimidazolidina-2,4-diona, con un aproximado 25% de agua y menos de 0,5% de formaldehído. La ficha de seguridad también indica que el producto se debe manipular con guantes y en un ambiente ventilado, ya que puede causar irritaciones cutáneas y respiratorias tras un uso prolongado. Al haber una concentración tan baja de formaldehído en la composición de la resina, estos riesgos serán mínimos. (Steedman, 1958)

### **Conclusiones sobre adhesivos**

Tras valorar las características positivas y negativas de los adhesivos empleados en las instituciones que han sido encuestadas, se ha llegado a la conclusión de que el DMHF es el adhesivo que, a simple vista, presenta más ventajas. Se ajusta perfectamente a los criterios previamente comentados de reversibilidad y fácil uso. Respecto al envejecimiento, al tratarse de un producto con un uso relativamente reciente, no ha habido investigación suficiente sobre ello como para poder asegurar que se trata de una solución eficaz a largo plazo.

Aun teniendo en cuenta esta última conclusión, en el caso práctico que se introducirá más adelante en el trabajo presente se ha decidido probar el uso del DMHF, por recomendación de Marta Pérez Azcárate, restauradora del Museo de las Ciencias Naturales de Barcelona. El adhesivo se ha usado en la adhesión de las antenas de un espécimen de mariposa *Catopsilia Pomona*, cuyo proceso se explicará en el apartado "*Restauración de un ejemplar de Lepidoptera*".

#### **4.3.2. Consolidación y reintegración**

De la misma manera que la adhesión de elementos caídos, la consolidación y reintegración de ejemplares son prácticas de restauración que actualmente no son llevadas a cabo por la mayoría de las instituciones científicas en posesión de una colección entomológica. Aun así, existe bibliografía de casos puntuales donde se han realizado experimentos al respecto, con la intención de encontrar métodos respetuosos para estabilizar especímenes dañados y así alargar su vida de exposición.

En este tipo de ejemplares, una consolidación se referiría a una fijación de desgarros o pequeñas pérdidas, por ejemplo, de las alas de los ejemplares. Este tratamiento se realiza para evitar una futura pérdida, y mejorar la estabilidad estructural necesaria para la manipulación, estudio o exposición del espécimen. Un ejemplo de tratamiento, como se da en el artículo escrito por Júlia Tauber (2017), sería añadir un fragmento de papel japonés encolado a la zona del ala de una mariposa que presentaba un pequeño desgarro y pérdida,

aguantando así el fragmento en el lugar adecuado, desde el reverso. El papel se adhirió mediante adhesivo PVA neutro diluido con agua desionizada. (Tauber, 2017)

El papel Japón, generalmente producido por las plantas *Kozo*, *Mitsumata* y *Gampi*, y comúnmente usado en varias aplicaciones de la restauración de documento gráfico, es también empleado en la restauración de objetos de Ciencia Natural, gracias a sus buenas propiedades de fuerza y resistencia causadas por las largas fibras que lo caracteriza. Tiene buenas posibilidades de unión con adhesivo PVA, y se puede emplear para crear rellenos en zonas donde los especímenes han perdido volumen, sustituyendo el uso de resinas más duras y menos reversibles. (Moore, 2006)

Este último proceso de reintegración fue realizado también por Tauber (2017), en ejemplares que sufrían pérdida de material en la cavidad abdominal. Se humectó el papel Japón en adhesivo PVA diluido, creando así una “masa” que se adaptó a la forma deseada y se introdujo en la cavidad. (Tauber, 2017)

En el artículo *Japanese tissues: uses in repairing natural science specimens*, Simon Moore emplea un papel Gampi de 9 g/m<sup>2</sup> para reparar un ala de lepidóptero, aplicando adhesivo PVA sobre el papel y fijándolo con cuidado al ala. Explica que se trata de un proceso extremadamente delicado, por lo que es importante colocar el *Gampi* en la posición adecuada en el primer intento (Moore, 2006).

En el proyecto de restauración llevado a cabo por Knežević et al. (2019), papel japonés *Gampi* (12gr./m<sup>2</sup>) y *Kozo* (6gr./m<sup>2</sup>) se empleó para consolidar desgarros y pequeñas pérdidas, juntado con el ejemplar mediante almidón de arroz, material que, según los autores del estudio, resultó en la mejor adherencia. En algún caso también se llegó a laminar por completo las alas con papel japonés, es decir, cubrir la zona del reverso por completo.

A partir de este apartado se puede concluir que el adhesivo PVA es usado con frecuencia en este tipo de intervenciones. Como se ha discutido en el apartado *Adhesivos*, su reversibilidad no es del todo cierta, por lo que sería oportuno realizar una investigación acerca de adhesivos apropiados para la función de consolidación y reintegración de especímenes entomológicos.

También se menciona el almidón, que es un material fácilmente reversible en agua que tiene un buen envejecimiento a nivel de estabilidad química, pero que, debido a su naturaleza orgánica, es vulnerable ante el ataque fúngico. Por eso, su uso solo se aconseja en casos en los cuales es viable mantener un control ambiental riguroso, con temperatura máxima de 20°C y HR máxima de 65%. Además, se desaconseja emplear el adhesivo sobre objetos que previamente han sido contaminados por hongos y microorganismos. (da Silva Borges et al., 2018)

## 5. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Como han mencionado los representantes de varias de las instituciones encuestadas, los especímenes entomológicos tienen una gran estabilidad y buenas capacidades de autoconservación. Aun así, para evitar su deterioro es necesario que las condiciones sean adecuadas en el lugar donde se encuentren almacenados. Son necesarias ciertas medidas de protección contra agentes de degradación, los cuales se han comentado en el apartado “Agentes externos de degradación”. Las acciones que se pueden realizar para alargar la vida de las colecciones entomológicas se discutirán en este apartado.

### 5.1. Almacenamiento y materiales

Tradicionalmente, la forma de almacenamiento más común para grandes colecciones de insectos montados en alfiler son los cajones entomológicos, almacenados en grandes muebles. Estos cajones son producidos para este uso concreto, y suelen contener espuma de polietileno como base para fijar los alfileres.

Antiguamente las bases de las cajas o cajones solían ser de corcho, pero este material ya no se suele emplear debido a que los taninos contenidos en el mismo material aceleraban la corrosión de los alfileres (tal y como se ha visto en el apartado dedicado a este tema). En la actualidad los cajones suelen estar forrados por espuma de polietileno, que puede ser sustituida por madera de balsa de poca dureza. Estos cajones deben estar cerrados de manera prácticamente hermética, ya que existe un gran riesgo ante la infiltración de organismos que se alimentan de insectos muertos. (Schauff, 1986)

Un aspecto que cabe destacar es que los cajones de madera tradicionales presentan el riesgo de emisiones de gases ácidos, como sería el vapor de ácido acético, el cual puede acelerar la corrosión de los alfileres entomológicos. (Chalmers et al., 1999)

Aun así, sea podido deducir a partir de la mayoría de las encuestas que el método de almacenamiento más común son las cajas entomológicas comerciales hechas en madera, con tapa de vidrio. En el caso del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Oxford, estas cajas son sustituidas por bandejas de cartón.

Actualmente, un material usado con frecuencia para forrar las cajas entomológicas, y además fijar los alfileres que acompañan a los ejemplares, es la espuma Plastazote®. (Fuente: Encuesta Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Oxford)

También es usado, como se ha visto en apartados anteriores de este trabajo, como soporte provisional de los ejemplares durante los tratamientos de conservación.

El Plastazote® está formado por una espuma de polietileno reticulado de alta densidad, y de celda cerrada. Algunas de las características que suponen ventajas a la hora de emplear el

Plastazote® son las siguientes: su elevada resistencia mecánica, la resistencia al fuego (autoextinguible), baja toxicidad, flexible, baja higroscopicidad, buen aislamiento térmico, resistencia a las temperaturas desde -80°C hasta 130°C, no abrasivo y buena absorción de golpes y vibraciones. La espuma de color blanco tiene, además, la ventaja de que una posible infestación de insectos se puede detectar rápidamente a simple vista, ya que los residuos depositados (como serían heces, mudas, fragmentos y serrín de los especímenes dañados) destacarán por su color oscuro respecto al fondo blanco. (Plastazote® LD45 - Arte & Memoria, n.d.)

En el caso de instituciones que cuentan con una gran colección entomológica (de miles o incluso millones de ejemplares), las cajas entomológicas suelen almacenarse en el interior de armarios metálicos herméticos o compactos. Estos últimos son especialmente útiles para guardar una gran cantidad de cajas en un espacio reducido, y se pueden proteger de manera más exhaustiva contra ataque biológico colocando cintas o gomas aislantes en los bordes de las aperturas [Chalmers et al., 1999 (Fenner, 1992)].

Los armarios mencionados deben ser suficientemente seguros ante el ataque biológico, ya que, como se ha discutido en el apartado que habla de los agentes de degradación externos, los insectos (sobre todo de la familia *Dermestidae*) pueden suponer un gran peligro para las colecciones.



Fig. 13: Armarios entomológicos de madera y de acero en The National Museum of Ireland – Natural History (NMINH), imágenes por © Paolo Viscardi 2018  
Fuente de imagen: Herrero et al. (2018)

## 5.2. Control ambiental

En muchos museos e instituciones, las colecciones están localizadas en edificios de gran antigüedad, y mantener un control climático infalible no siempre es posible. Estos son los casos del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona, El Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Oxford, el Museo Americano de Ciencias Naturales (Nueva York) y el Museo de Historia Natural de Dinamarca.

En las instituciones que se hallan en el interior de edificios de este tipo, es importante llevar a cabo una medición correcta de los parámetros de humedad y temperatura, para detectar rápidamente la presencia de grandes fluctuaciones.

### **Humedad relativa**

La humedad relativa adecuada para la correcta conservación de colecciones de Historia Natural debería localizarse en el rango del 40% al 50%, nunca superando el 60-65% ya que estos son los valores en los cuales la actividad fúngica puede crecer considerablemente. Un valor que se halla bajo el 30% también es desaconsejable, debido a que puede causar el secado excesivo de los especímenes y los adhesivos empleados en estas colecciones, aumentando la fragilidad de ambos. Una manera de mantener los valores deseados de HR es mediante el uso de deshumidificadores (en climas húmedos) o humidificadores (en climas secos). Para minimizar los problemas causados por la infraestructura de los edificios donde se almacenan las colecciones, una medida de prevención importante consiste en colocar los armarios entomológicos de manera que no entren en contacto con paredes exteriores del edificio, ya que estas suelen ser las más afectadas por los cambios de temperatura y humedad que se dan en el exterior. (Chalmers et al., 1999)

En un estudio llevado a cabo en el Smithsonian Institution, National Museum of Natural History (Washington DC), se encontró que la preservación de especímenes naturales en armarios metálicos era una manera efectiva de prevenir las fluctuaciones grandes de humedad, ya que el ambiente interior de los armarios no se veía tan afectado por las fluctuaciones de T y HR como el ambiente en el resto del edificio. Por eso, un sistema de almacenamiento que está adecuadamente sellado puede mitigar en gran medida las deficiencias de climatización que tienen lugar en las instituciones localizadas en edificios antiguos (como los mencionados anteriormente). (Szczepanowska et al., 2013)

### **Temperatura**

Las altas temperaturas causan una aceleración del deterioro químico y de la actividad microbiológica que puede llegar a afectar a los ejemplares almacenados. Por eso, la temperatura a la cual se almacenan estas colecciones no debería superar los 18°C. Aun así, se debe tener en cuenta que las temperaturas bajas pueden provocar un aumento de la HR, por lo que una temperatura muy baja tampoco es aconsejable, y se debe encontrar un equilibrio en el cual los dos valores se hallan en los rangos adecuados. Además, se debe tener en cuenta la variación de temperatura de un espacio a otro a la hora de mover ejemplares, ya que un traslado de un lugar más frío a uno más caliente puede provocar condensación, que puede llegar a ser muy perjudicial para los ejemplares. (Museums and Galleries Commission, 1992)

## Control de plagas

Para prevenir la aparición de plagas, la medida principal tomada por los museos es la cuarentena y/o congelación de cada conjunto de ejemplares nuevo que se adjunta a una colección ya existente. En el AMNH (Nueva York) y en MNCN (Madrid) todos los ejemplares nuevos son sometidos a un mínimo de 3 días de cuarentena con una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  (congelación). De esta manera se evita introducir plagas que se pueden encontrar escondidas en los ejemplares de nueva adquisición. Es necesario, además, mantener una buena limpieza de los lugares destinados para el almacenamiento, ya que la presencia de polvo fomenta la actividad biológica debido a su alta higroscopicidad.

Otro paso importante, que se lleva a cabo en el *American Museum of Natural History* (Nueva York), *Natural History Museum* (Londres) y Centre de Recursos de Biodiversitat Animal (Barcelona), es la revisión periódica y actuación con la mínima evidencia de una infestación. También es importante llevar un control adecuado de todas las aperturas del edificio, como ventanas y conductos de ventilación, asegurando que no queden espacios abiertos por los que puedan entrar plagas y roedores.

Como se ha mencionado anteriormente, en años pasados ha sido una práctica común colocar insecticidas y sustancias repelentes (como naftalina o paradiclorobenceno) y los residuos de estos se encuentran a menudo en cajones entomológicos que no son revisados con frecuencia. Esta medida de prevención ya no se emplea debido a la alta toxicidad de estos compuestos y los efectos desconocidos que puedan tener sobre los ejemplares, por lo que los restos encontrados en la actualidad suelen ser retirados. (Herrero et al., 2018)

## Luz

La incidencia de la luz sobre los especímenes entomológicos puede llegar a ser muy perjudicial, como se ha visto en el apartado de degradaciones. La duración de la exposición del ejemplar a la luz, además de la intensidad de esta, son factores que suman al deterioro causado por este factor. El calor emitido por las fuentes lumínicas también supone un elemento de riesgo. La máxima iluminación a la cual se aconseja mantener los especímenes entomológicos es de 50 lux, y un valor máximo de radiación UV de  $75\mu\text{W}/\text{lumen}$ . La colocación de láminas con filtros UV en las fuentes de luz, ventanas exteriores y vitrinas a la hora de exponer los ejemplares son medidas recomendadas. (Museums and Galleries Commission, 1992)

En general, se aconseja mantener los especímenes entomológicos guardados en armarios completamente a oscuras, que es tal y como se encuentran en la mayoría de las instituciones. En general, los museos que participaron en la encuesta realizada para este trabajo documentan un correcto uso de la iluminación y cumplen con los requisitos mencionados en este apartado.

## 6. CASO PRÁCTICO: ADHESIÓN DE LAS ANTENAS DE UN ESPÉCIMEN DE LEPIDOPTERA

Con el propósito de probar las técnicas de conservación de especímenes entomológicos que se han estudiado a lo largo de este trabajo, se ha realizado el tratamiento de un ejemplar de mariposa *Catopsilia Pomona*. Este ejemplar fue adquirido en una tienda especializada en Valencia en el año 2017. Desde entonces se ha podido observar que, debido a una mala manipulación del ejemplar, las antenas se han desprendido del cuerpo.

En este tipo de ejemplares, los apéndices suelen ser los puntos que tienen el mayor riesgo de desprendimiento, ya que las uniones entre ellas y el resto del cuerpo son relativamente débiles una vez el ejemplar haya secado.

A continuación, se realizará un estudio general del estado de conservación del espécimen, junto a sus características, para después pasar a la descripción de la intervención de adhesión. Se finalizará con una propuesta de mejora del método actual de exposición.

### ***Catopsia Pomona***

El ejemplar estudiado es un espécimen de mariposa (de la orden *Lepidoptera*), de la especie *Catopsia Pomona*. También es llamada Emigrante Limón debido a sus hábitos migratorios. Es una mariposa de coloración que varía entre tonos amarillos y verdes, que es nativa de Asia, Camboya y partes de Australia. En las imágenes siguientes se pueden ver algunas variedades de color de esta especie.



Fig. 14 y 15. Derecha: *Capsilia Pomona*, variedad *Fabricus*. Fuente de imagen: usuario leemt2 en Flickr.

Izquierda: Fuente de imagen: NSG Group en Flickr.

## 6.1. Estudio del ejemplar



*Fig. 16: Fotografía inicial. Vista general con marco, anverso*  
*Fotografía: Alexandra Viladot*



*Fig. 17: Fotografía inicial. Vista general con marco, reverso*  
*Fotografía: Alexandra Viladot*

El ejemplar, una mariposa de edad desconocida, está enmarcada con un propósito únicamente decorativo. Ya que este espécimen no presenta ningún dato de colecta (fecha y lugar de colecta, ecosistema, etc.) no se puede considerar que tiene ningún tipo de valor científico. Es incluso posible que su origen sea un criadero de mariposas con fines comerciales, y en este caso el ejemplar no aportaría ningún dato interesante del ámbito de la biodiversidad.

El espécimen se encontraba expuesto en un marco de fotos, con un papel brillante de fondo que estaba adherido a una lámina fina de conglomerado, mediante papel Kraft engomado. Estos dos elementos creaban una caja con cierta profundidad para que el ejemplar pudiera caber sin entrar en contacto con el cristal.

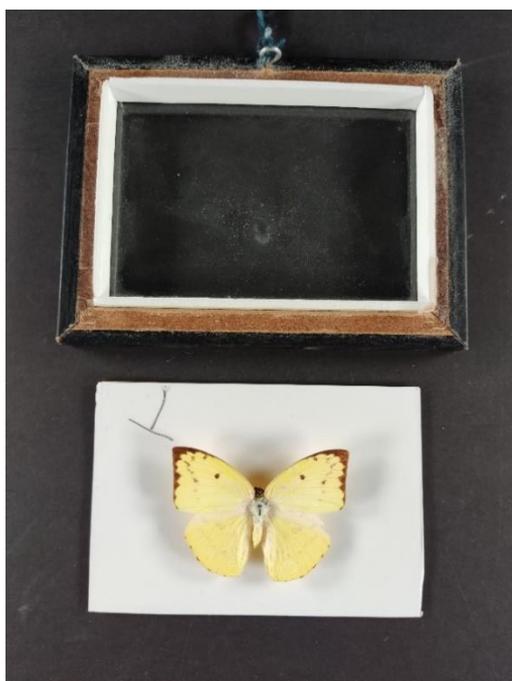
Antes de realizar el desmontaje de este marco ya se podía observar que las dos antenas pertenecientes al ejemplar se habían desprendido de la cabeza. Al tratarse de un espécimen que se hallaba sólo en el marco, no cabe duda de que las antenas contenidas en el marco son las que originalmente pertenecían a la mariposa. Si hubiera más insectos contenidos en el mismo lugar sería muy importante asegurarse de no cometer errores a la hora de adherir los fragmentos correctos, y se debe destacar de nuevo la importancia de realizar este tratamiento bajo la supervisión de un entomólogo.

Otra característica que cabe destacar es el hecho de que no se trata de un espécimen montado en alfiler entomológico, técnica que se ha descrito previamente. En el caso de las colecciones que tienen un fin científico, como las que son contenidas en museos y diversas instituciones, prácticamente siempre se montarán mediante alfileres, aparte de ejemplares que, por sus características, deben ser adheridos en un soporte de cartulina. En el caso de

este ejemplar, se halla sujeto a una base de papel fino y brillante mediante una gota de adhesivo de naturaleza desconocida.

Tal y como se ha explicado anteriormente, los únicos ejemplares que irán adheridos a un triángulo de cartón mediante un adhesivo serán los ejemplares de insectos con un tamaño demasiado pequeños para ser atravesados por el alfiler de manera correcta. Lo ideal para este espécimen sería sustituir el actual sistema de montaje por un alfiler, pero el proceso de montar un ejemplar que ya está completamente seco requeriría un largo proceso de hidratación y colocación correcta de las extremidades y alas. Por eso, se ha optado por no eliminar el adhesivo que une el ejemplar al papel blanco de fondo.

Con el fin de facilitar la observación del objeto, se ha empezado desmontando el marco, sacando las cintas de papel Kraft, gracias a lo cual se ha podido observar que la pequeña caja creada dentro del marco estaba formada también por tiras de cartón pluma colocadas a los lados del marco. Esta caja evita que el ejemplar entre en contacto con la superficie del vidrio.



*Fig. 18: Marco y ejemplar separados*  
Fotografía: Alexandra Viladot



*Fig. 19: Observación mediante microscopio de superficie*  
Fotografía: Alexandra Viladot

Tras el desenmarcado, se realizó una observación del espécimen con el microscopio de superficie Dino-Lite®, conectado a un ordenador. A continuación, se podrán ver las imágenes resultantes del análisis. Todas las fotos han sido tomadas a x100 aumentos y son de autoría propia.



Cabeza de la mariposa. Se puede observar la **probóscide chupadora**, enrollada en forma de espiral, y los ojos.



Pequeña rotura del ala derecha.



Tórax de la mariposa.



Abdomen.



Detalle de las antenas.

Tabla 1. Fotografías tomadas con microscopio de superficie Dino-Lite® a 100 aumentos por Alexandra Viladot

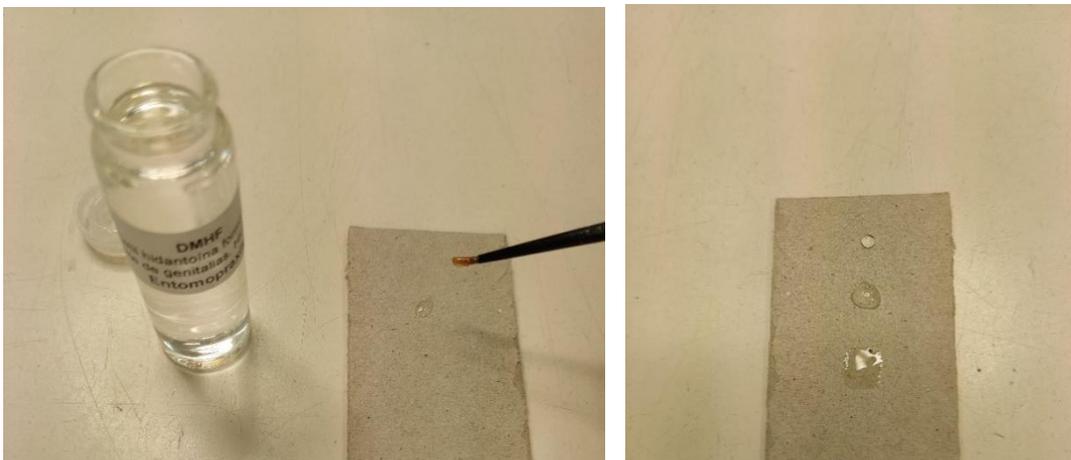
En general, las conclusiones sacadas de la observación son que el estado de conservación del espécimen es bueno. Aparte del desprendimiento de las antenas sólo presenta una pequeña rotura en el ala derecha, pero es posible que ésta se produjera durante el tiempo de vida de la mariposa. En las imágenes se puede observar que las partes principales de la mariposa, el tórax y el abdomen, se encuentran en perfecto estado, con pelos y escamas intactas.

## 6.2. Tratamiento de adhesión de antenas

### 6.2.1. Pruebas previas de adhesivos

Antes de llevar a cabo el tratamiento, se tomó la decisión de realizar unas pruebas con el adhesivo seleccionado, el dimetil hidantoína formaldehído (DMHF), para poder observar con antelación su comportamiento (tiempo de secado, reversibilidad, viscosidad...)

A primera vista, al aplicar la resina sobre el pincel, se ha podido observar que el líquido forma gotas circulares con facilidad, y no se esparce, lo cual podría indicar una alta tensión superficial. A continuación, se ha procedido a aplicar la resina sobre un rectángulo de cartón, con la intención de observar el secado y la reversibilidad.



*Fig. 20 y 21: Se ha aplicado el adhesivo sobre el cartón en tres formatos de gota distintas : pequeña, más grande y de menor grosor y mayor superficie.*

*Fotografías: Alexandra Viladot*

En general, la resina mostraba un secado completo lento, sobre todo en las gotas de mayor grosor. Pasadas cuatro horas, el adhesivo seguía siendo líquido en el interior de la gota mediana y pequeña, aunque se había formado una película exterior firme. La capa de adhesiva de poco grosor (parte inferior del cartón) secó por completo en unas dos horas.

Estos hechos dan a entender que cuando se aplica una pequeña cantidad de resina para adherir elementos de reducido tamaño es probable que seque pasado poco tiempo.

Para realizar una comparación, se hizo una prueba también con adhesivo PVA, de naturaleza vinílica, que secó considerablemente más rápido, ya que pasadas cuatro horas todas las gotas habían secado por completo. Aun así, una vez completamente secos los dos adhesivos pasados dos días, se podía ver que el DMHF había endurecido por completo, formando una burbuja clara y transparente y de textura sólida. Mientras tanto, el PVA sigue teniendo una textura ligeramente blanda y gomosa, una característica que, como ya se ha comentado, puede favorecer la acumulación de suciedad.

A continuación, se realizó una prueba de reversibilidad de ambos adhesivos, frotando ligeramente con un hisopo de algodón algo humedecido. El DMHF se pudo eliminar sin ningún problema, y no dejó ningún residuo sobre el cartón. El PVA aún se encontraba en estado mordiente, por lo que también se pudo retirar de manera mecánica tras ablandar el adhesivo mediante la aplicación de agua; no obstante, dejó una capa impermeable que impidió que el cartón se humedeciera, lo cual da a entender que han quedado residuos en superficie.



*Fig. 22: Los dos adhesivos aplicados sobre el cartón.*

*Fotografía: Alexandra Viladot*



*Fig. 23: El DMHF se ha podido retirar por completo. Fotografía: Alexandra Viladot*



*Fig. 24: El PVA ha dejado una fina capa impermeable sobre el cartón. Fotografía: Alexandra Viladot*

La mayor conclusión extraída de estas pruebas es que el DMHF es un adhesivo adecuado para la reparación que se llevará a cabo, ya que en caso de error es fácilmente reversible. Además, su viscosidad media y la facilidad para formar pequeñas gotas son características que resultan prácticas a la hora de trabajar con la resina.

### **6.2.2. Adhesión de antenas del ejemplar**

Tras identificar los puntos donde en un principio estaba la unión entre la cabeza y las antenas, justo entre los ojos y asegurar que el adhesivo seleccionado es adecuado, se ha procedido a realizar la adhesión de las antenas. Como no era posible saber cuál era la antena derecha e izquierda originalmente, se han adherido en orden aleatorio.



*Fig. 25: Antenas sueltas antes de desenmarcar el ejemplar.  
Fotografía: Alexandra Viladot*

Se ha realizado la adhesión de estas mediante el adhesivo DMHF puro. Este adhesivo, cuyas características se han comentado en el apartado de Adhesivos, se ha adquirido del distribuidor Entomopraxis<sup>2</sup>.

Para asegurar una visibilidad detallada, se ha realizado el proceso bajo el Dino-Lite®, y esto ha permitido colocar las antenas en el punto correcto con gran exactitud. Se ha aplicado el adhesivo a la punta de la antena en el extremo que no contiene la parte final donde las antenas se ensanchan. Sujetando la antena cuidadosamente con pinzas finas, se ha acercado el extremo con una gota de DMHF aplicada al punto de unión con la cabeza. Al usar una resina de rápido secado, la antena solo se ha tenido que mantener en lugar durante unos segundos antes de poder soltarla.

A continuación, se pueden ver las fotografías tomadas con el microscopio Dino-Lite® a 100 aumentos durante la aplicación de las antenas. En el extremo de las antenas se puede observar el pequeño punto de brillo causado por el adhesivo.

---

<sup>2</sup> Entomopraxis es un comercio especializado en libros y material entomológico, con sede en Carrer del Rosselló, 186, 3º 1ª, 08008 Barcelona



*Fig. 26: Aplicación de antena izquierda*  
*Fotografía: Alexandra Viladot*



*Fig. 27: Aplicación de antena derecha*  
*Fotografía: Alexandra Viladot*

Antes de proceder con la intervención de acondicionamiento del sistema expositivo del ejemplar se ha dejado el adhesivo secar por completo.

### **6.3. Sistema de exposición**

#### **6.3.1. Despegado del soporte original**

Una vez secas las antenas, el ejemplar se ha despegado del soporte original (una hoja de papel blanca y brillante). Se pudo observar que la adhesión estaba formada por una pequeña gota de adhesivo de naturaleza desconocida, de aspecto ligeramente turbio y un color blanquinoso. Se podría tratar de PVA, de silicona... Este adhesivo se encontraba aplicado sobre la parte inferior del tórax del ejemplar. Se ha considerado demasiado arriesgado intentar retirar este adhesivo, debido a la fragilidad de un ejemplar seco, por lo que se ha optado por dejarlo en su estado original. Sin embargo, ha sido posible romper la unión entre el soporte (papel) y el adhesivo, separando así el espécimen de este papel de características y envejecimiento desconocidas. Esta separación se ha realizado de manera mecánica, introduciendo una espátula metálica en el punto de unión. El despegado fue rápido y no presentó dificultades, ya que la unión entre el papel y el adhesivo era relativamente débil.



*Fig. 28: Detalle del proceso de separación del cuerpo de la mariposa del soporte celulósico al que se encontraba adherida. Fotografía: Alexandra Viladot*



*Fig. 29: Una vez despegada, se pudo levantar la mariposa del soporte. Fotografía: Alexandra Viladot*

### 6.3.2. Proceso de sustitución del soporte

A continuación, se ha realizado una nueva base de papel con materiales de conservación con buen envejecimiento y características apropiadas para la conservación del espécimen. Se han adherido una hoja de cartulina de conservación Premier™ 600088, de 0,65 mm, a una cartulina de Timecare® Museo 100% algodón, de referencia 600187 y grosor 2,2 mm, mediante cinta autoadhesiva Pritt®. De esta manera se ha podido conseguir el grosor aproximado del soporte original. Ambos cartones presentan las siguientes características:

- Reserva alcalina formada por carbonato cálcico, con un pH de 7.5-9.5
- Libre de plastificantes
- Superficie con apresto de almidón
- Inalterable ante la luz

*Índice Cartones (n.d.)*

Esta sustitución de material se ha realizado debido a que se desconocía la naturaleza y composición del soporte original. Los papeles que no tienen reserva alcalina o pH neutro pueden volverse ácidos con el paso del tiempo, lo cual podría llegar a perjudicar al espécimen enmarcado.

### 6.3.3. Limpieza del marco y nuevo enmarcado

Antes de volver a enmarcar el ejemplar se ha limpiado el interior, exterior y el vidrio del marco. Para ello se ha empleado una solución hidroalcohólica al 50% e hisopos de algodón.



*Fig. 30: Limpieza del marco.  
Fotografía: Alexandra Viladot*

Una vez limpio el marco, se ha vuelto a enmarcar el espécimen de mariposa. Se ha cerrado el marco con papel Kraft engomado, de la misma manera que el enmarcado original. Para activar el adhesivo presente en este papel, se puede aplicar agua con un pincel ligeramente húmedo. Es importante que quede completamente cerrado, para evitar cualquier intrusión de insectos u hongos dentro del sistema de exposición.



*Fig. 31: Vista general del sistema expositivo, anverso. Fotografía después de la intervención.  
Fotografía: Alexandra Viladot*



*Fig. 32: Vista general del sistema expositivo, reverso. Fotografía después de la intervención.  
Fotografía: Alexandra Viladot*



*Fig. 33: Mariposa enmarcada después del tratamiento.  
Fotografía: Alexandra Viladot*

Una medida de prevención que por falta de recursos no se ha podido llevar a cabo sería la colocación de una lámina de filtro UV sobre el cristal del marco. Este elemento habría servido para proteger el ejemplar contra las radiaciones ultravioletas provocadas por la luz natural y artificial evitando así, en cierta medida, la pérdida gradual de color. De la misma manera, una propuesta de conservación sería mantener el sistema de exposición alejado de fuentes de luz directo e indirecto, y almacenado en un lugar oscuro durante los períodos de tiempo que no se halla expuesto. Reducir el tiempo de exposición a las distintas fuentes de luz puede alargar considerablemente la duración de los colores vibrantes del ejemplar.

## 7. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Las instituciones que han respondido a la encuesta planteada para la realización de este trabajo, proporcionado así datos acerca de sus prácticas de conservación aplicadas a las colecciones entomológicas que poseen, y las personas representantes de cada una de ellas han sido las siguientes:

- El Museo de Ciencias Naturales de Barcelona (**MCNB**) (Marta Pérez Azcárate, conservadora)
- El Centro de Recursos de Biodiversidad Animal, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona (**CRBA**) (Antoni Serra Sorribes)
- Natural History Museum, Londres (**NMH**) (Suzanne Ryder)
- American Museum of Natural History, Nueva York (**AMNH**) (Julia Sybalsky, conservadora, y Christine Johnson, *collection manager*)
- Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid (**MNCN**) (Mercedes París, conservadora de la colección entomológica)
- Oxford University Museum of Natural History, Oxford (**OUMNH**) (James Hogan, *collections manager*)
- Natural History Museum of Denmark, Copenhagen (**NHMD**) (Mikkel Høegh Post, conservador)

Todas las instituciones mencionadas disponen de una amplia colección de especímenes entomológicos, y algunas de ellas son importantes referentes a nivel internacional.

Las preguntas de la encuesta, además de las respuestas dadas se pueden consultar en el apartado de anexos.

Las respuestas a las preguntas principales se resumen en la siguiente tabla:

	¿Dispone de personal dedicado a la conservación de las colecciones entomológicas?	¿Realiza un control de las condiciones ambientales?	¿Tiene un protocolo de mantenimiento e intervención de las colecciones entomológicas?	¿Disponen de un taller propio dedicado a la conservación?	¿Se realizan tratamientos de conservación habituales sobre los especímenes entomológicos?
<b>MCNB</b>	Si	Si, pero con dificultad debido a edificio antiguo	Si	Si	Si
<b>CRBA</b>	Si	Solo temperatura	Si	Si	Si
<b>NHM</b>	Si	Si	Si	Si	Si
<b>AMNH</b>	Si	Si, pero con dificultad debido a edificio antiguo	Si	Si	No, poco frecuentes
<b>MNCN</b>	Si	No, solo filtros UV en vitrinas de exposición y control de temperatura	Si	No	No, poco frecuentes
<b>OUMNH</b>	Si	Si, pero con dificultad debido a edificio antiguo	No	No	Si
<b>NHMD</b>	Si	No	No	No	No, poco frecuentes

Tabla 2: Resultados de la encuesta respondida por instituciones en posesión de grandes colecciones entomológicas.

Tal y como se puede observar en la tabla, un aspecto muy positivo de las respuestas a la encuesta ha sido la certeza de que todas las instituciones disponen de personal fijo en plantilla cuya función es el mantenimiento y conservación de las colecciones entomológicas. Además, con dos excepciones todos los museos disponían de un protocolo de mantenimiento e intervención especialmente dedicado a las colecciones entomológicas.

Sin duda, el aspecto más difícil de controlar por completo es el mantenimiento de las condiciones ambientales deseadas, ya que varios de los museos están, actualmente,

localizados en edificios de gran antigüedad y con pocas opciones de adaptación a un sistema de climatización adecuado.

## 8. CONCLUSIONES

Durante el curso de realización de este trabajo se ha podido incorporar un conocimiento profundo acerca de los distintos métodos de conservación y restauración que se aplican sobre las colecciones entomológicas, comprendiendo también el gran valor científico que poseen dichas colecciones. Al tratarse de un elemento vital en las investigaciones que tratan la biodiversidad, los ecosistemas y sobre todo la taxonomía, el máximo respeto por la integridad química y morfológica de los ejemplares es imprescindible a la hora de realizar cualquier manipulación a las colecciones.

Además, se ha podido experimentar que estos aspectos, en el ámbito de la investigación entomológica, se considerarán superiores a cualquier factor estético. Las intervenciones que son realizadas actualmente en los museos son de un carácter puramente práctico, y en la mayoría de los casos los procesos de restauración que se llevan a cabo tienen el único propósito de conservar las características morfológicas del ejemplar. Tal y como se ha visto en el apartado dedicado a las antiguas intervenciones, frecuentemente realizadas entre los siglos XIX y XX, estos criterios de mínima intervención no siempre se han tenido en cuenta. Era común realizar reintegraciones volumétricas e incluso cromáticas, lo cual puede alterar el ejemplar a nivel visual (aunque la intención fuese la contraria) y posiblemente a nivel químico, dependiendo en gran medida de los materiales empleados.

En el trabajo realizado se ha explicado cómo se podrían completar este tipo de tratamientos (consolidación y reintegración) en la actualidad, pero es importante remarcar que el hecho de que sea posible llevarlos a cabo no significa que sea necesario aplicar estos métodos a las grandes colecciones. Quizás es más acertado limitar la práctica de estos tratamientos a las colecciones de carácter privado o de uso expositivo, o incluso llevarlos a cabo en colecciones cuyo valor reside más bien en sus datos históricos y no tanto en los científicos.

Por otro lado, otros de los tratamientos explicados tienen una gran importancia para la conservación a largo plazo de los especímenes. Ejemplos de este tipo de tratamientos serían la desinfección, desinsectación y el cambio de alfileres con grandes problemas de corrosión, ya que los factores de degradación que impulsan la necesidad de emplear estos tratamientos tienen la capacidad de destruir por completo una colección entomológica, reduciendo en gran medida su función científica e histórica. Se ha podido estudiar también la gran importancia de una correcta aplicación de medidas preventivas ya que, si empleadas correctamente, constituyen la parte principal de la conservación de las colecciones mencionadas. Este hecho se debe, en gran medida, a la composición molecular de los ejemplares de insectos conservados en seco, que gracias a su robusta cutícula formada por quitina tienen una gran estabilidad química que les permite prevalecer en el tiempo.

Por eso se considera que los agentes de degradación de estos especímenes son, en gran medida, externos a los ejemplares en sí.

El estudio teórico llevado a cabo en el presente trabajo ha permitido realizar la parte práctica, en un primer lugar con una pequeña investigación acerca de los adhesivos más apropiados para realizar una adhesión de apéndices caídos (en este caso, antenas). Se tomó la decisión de emplear la resina DMHF tras probar sus características frente a las del adhesivo polivinílico. En conclusión, el caso práctico se pudo resolver de manera satisfactoria, aunque cabe destacar la necesidad de tener ciertos conocimientos teóricos acerca de la anatomía de los insectos, y en especial de la especie sobre el cual se aplicará el tratamiento.

Por eso, cabe destacar el papel imprescindible de los entomólogos en la preservación de las colecciones de especímenes de insectos, y la necesidad de una buena colaboración y comunicación entre ellos y los conservadores al cargo de la colección.

## BIBLIOGRAFÍA

### Recursos bibliográficos

¿Cómo actúan las PIRETRINAS? (IV). (2014) Recuperado el 10 de abril de 2021, de [https://www.seipasa.com/es/blog/como-actuan-las-piretrinas-iv/#:~:text=Tal%20y%20como%20hemos%20visto,o%20pelitre\)%20o%20Chrysanthemum%20coronarium](https://www.seipasa.com/es/blog/como-actuan-las-piretrinas-iv/#:~:text=Tal%20y%20como%20hemos%20visto,o%20pelitre)%20o%20Chrysanthemum%20coronarium)

Ackery, P. R., Testa, J. M., Ready, P. D., Doyle, A. M., & Pinniger, D. B. (2004). Effects of high temperature pest eradication on DNA in entomological collections. *Studies in conservation*, 49(1), 35-40.

Arte y Memoria, *Índice Cartones (n.d.)*, Recuperado el 24 de mayo de 2021 de <http://www.arteymemoria.com/docs/Cartrons.pdf>

Artrópodos - Museu de Ciències Naturals de Barcelona. (2021). Recuperado el 5 de mayo de 2021, de <https://museuciencias.cat/es/area-cientifica/colecciones/colecciones-zoologicas/artropodos/#horizontalTabExpo3>

B Brown, G. & Hancock, E. G. (2007). The Historical Repairs Of Butterflies And Moths From The Eighteenth Century Collection Of William Hunter, University Of Glasgow. *NatSCA News*, Issue 12, 15 - 19.

Bellmann, H. (2019) *Guía de campo de los insectos* (1ª ed.). Barcelona: Omega.

Brown, C. G. (2015). Effective Use of Disinfectant Spray to Combat Fungal Growth on Preserved Insects. *American Entomologist*, 61(3), 149-150.

Cahal, M. (2013). The museum whose insect collection is being eaten ... by insects. *The Independent*. Recuperado de <https://www.independent.co.uk/news/uk/this-britain/the-museum-whose-insect-collection-is-being-eaten-by-insects-98721.html>

Chalmers, N., Carter, D. & Walker, A. (1999). Foreword and Prefaces. In: Carter, D. & Walker, A. (eds). (1999). *Foreword and Prefaces: Care and Conservation of Natural History Collections*. Oxford: Butterwoth Heinemann, pp. i - xxi.

CONSTANTINO, L., & BENAVIDES, P. (2015). El barrenador del tallo y la raíz del café *Plagiohammus colombiensis*.

Crepeau, M., & Thunberg, J. (2015). *Care of Entomology Collections*. Recuperado de <http://www.welshmuseumsfederation.org/uploads/Linking%20Collections%20Conservation%20Advice%20Sheets/Conservation%20Advice%20Entomology%20LinkinCollWales%20160229%20ENGLISH.pdf>

da Silva Borges, I., Casimiro, M. H., Macedo, M. F., & Sequeira, S. O. (2018). Adhesives used in paper conservation: Chemical stability and fungal bioreceptivity. *Journal of Cultural Heritage*, 34, 53-60.

- Deans, A. R. (2018). A review of adhesives for entomotaxy. *PeerJ Preprints*, 6, e27184v1.
- Delgadillo, I., & Góngora, F. (2009). Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. (pág. 131-140). *Bio-grafía*, 2(3), 131-140.
- Down, J. L., MacDonald, M. A., Tétreault, J., & Williams, R. S. (1996). Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute-an evaluation of selected poly (vinyl acetate) and acrylic adhesives. *Studies in conservation*, 41(1), 19-44.
- Exploding the myth. (2021). Recuperado el 1 de junio de 2021, de <https://www.nhm.ac.uk/natureplus/blogs/beetles/tags/verdigris.html>
- Garner, B., Giusti, A. & M. Kerley (2011). Conservation of Insect Specimens Affected by Verdigris. *NatSCA News, Issue 21*, 50 - 59.
- Gilbert, M. T. P., Moore, W., Melchior, L., & Worobey, M. (2007). DNA extraction from dry museum beetles without conferring external morphological damage. *PloS one*, 2(3), e272.
- Glover, B. (2018). A comparative investigation into the off-gassing properties of three brands of EVA and PVAc adhesives currently used in book conservation. Recuperado el 6 de mayo de 2021, de <https://www.westdean.org.uk/study/school-of-conservation/blog/ma/a-comparative-investigation-into-the-off-gassing-properties-of-three-brands-of-eva-and-pvac-adhesives-currently-used-in-book-conservation>
- Grzywacz, C. M. (2006). *Monitoring for gaseous pollutants in museum environments*. Getty Publications.
- Hancock, E. G., & Ryder, S. (2020). Silver and nickel pins in entomology: historical attempts at combating corrosion problems in insect collections. *Journal of Natural Science Collections*, 7, 44-48.
- Hancock, E., Brown, G., & Jowett, B. (2011). Pinned down. *Museum History Journal*, 4(1), 29-46.
- Harrison, J. D. G. (2012). Cleaning and preparing adult beetles (Coleoptera) for light and scanning electron microscopy. *African Entomology*, 20(2), 395-401.
- Herrero, A. E., Chandler, K., & Viscardi, P. (2018). Movers, not shakers: challenges and solutions for relocating an entomology collection. *Journal of Natural Science Collections*, 6, 68-78.
- Historical collections | Natural History Museum. (2021). Recuperado el 2 de mayo 2021, de <https://www.nhm.ac.uk/our-science/collections/entomology-collections/historical-collections.html>
- Horie, C. V. (2013). *Materials for conservation*. Routledge.
- Insects. (2021). Recuperado el 3 de mayo de 2021, de <https://oumnh.ox.ac.uk/insects#/>
- Jade 403 PVA Adhesive. Recuperado el 2 de junio de 2021, de <https://www.talasonline.com/Jade-403>
- Knežević, B. D., Damjanović, R. B., Lazić, T. P., & Jović, M. L. (2019) Conservation and restoration of a specimen from the private lepidoptera collection
- Lindah, T. (1993). Instability and decay of the primary structure of DNA. *nature*, 362(6422), 709-715.
- Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín sociedad entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.

Merzendorfer, H., & Zimoch, L. (2003). Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *Journal of Experimental Biology*, 206(24), 4393-4412.

Meyers, M. A., Chen, P. Y., Lin, A. Y. M., & Seki, Y. (2008). Biological materials: structure and mechanical properties. *Progress in Materials Science*, 53(1), 1-206.

Mezquíriz, E. C. (2013). Evolución de criterios en la conservación y restauración de cerámicas: intervenciones antiguas versus nuevas intervenciones. In *Anales del Museo de América* (No. 21, pp. 241-251). Subdirección General de Documentación y Publicaciones.

Moore, S. (2006). Japanese tissues: uses in repairing natural science specimens. *Collection F*, 21(1-2), 126-132.

More than a Dodo. (2021). Paint it green. Recuperado el 27 de abril de 2021, de <https://morethanadodo.com/2017/09/07/paint-it-green/>

Moreno, A. G., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., ... & Cano, J. (2012). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Artrópodos. Insectos. *REDUCA (Biología)*, 5(3).

Muñoz, Olga; Pérez-Azcarate, Marta; Vila, Maria; Masó Glòria; Caballero-López, Berta. Es pot eliminar la pols centenària en una col·lecció entomològica? Al MCNB ho fem fet. Museu de Ciències Naturals de Barcelona, 2021. VII Trobada de tècnics de col·leccions de ciències naturals de Catalunya.

Murillo-Hiller, L. R., & Lezama, H. J. (2008). Materiales y técnicas para la confección y preservación de colecciones entomológicas. *Costa Rica: Universidad de Costa Rica*.

Museums and Galleries Commission. (1992). *Standards in the museum care of biological collections 1992*.

Nguyen, V. (2010). *A Review of Insect Exoskeleton Function and Composition* [Tesis Doctoral] The Ohio State University.

Nicholson, G. J., Tomiuk, J., Czarnetzki, A., Bachmann, L., & Pusch, C. M. (2002). Detection of bone glue treatment as a major source of contamination in ancient DNA analyses. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 118(2), 117-120.

Notton, D. G. (2018). *Identifying insect pests in museums and heritage buildings*. Natural History Museum, London

Pérez-Azcárate, M., Caballero-López, B., Uribe, F., Ibáñez, N., Masó, G., Garcia-Franquesa, E., ... & Villegas, M. Á. (2021). Assessing Environmental Acidity in Storerooms of Natural History Collections. *Curator: The Museum Journal*, 64(1), 155-182

Pinniger, D. (2003). Saving our treasures-controlling museum pests with temperature extremes. *Pesticide Outlook*, 14(1), 10-11.

Plastazote® LD45 - Arte & Memoria. (n.d.). Recuperado el de abril de 2021, de <https://tienda.arteymemoria.com/es/sinteticos/194-plastazote-ld45.html>

- Pradelli, J., Tuccia, F., Giordani, G., & Vanin, S. (2021). Puparia Cleaning Techniques for Forensic and Archaeo-Funerary Studies. *Insects*, 12(2), 104. MDPI AG. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.3390/insects12020104>
- Sancho Cubino, N. (2016). Verdigrís, pigmento histórico de cobre: estudio de su composición y color a partir de reproducciones de antiguas recetas.[Tesis doctoral] Universidad Complutense de Madrid.
- Schauff, M. E. (1986). Collecting and preserving insects and mites. *Washington: Museum of Natural History*
- Schauff, M. E. (Ed.). (2001). *Collecting and preserving insects and mites: techniques and tools*. Systematic Entomology Laboratory, USDA.
- Schellmann, N. C. (2007). Animal glues: a review of their key properties relevant to conservation. *Studies in conservation*, 52(sup1), 55-66.
- Schellmann, N. C. (2007). Animal glues: a review of their key properties relevant to conservation. *Studies in conservation*, 52(sup1), 55-66.
- Source: Carter, D. J. & Walker, A. K. (1999). Collection environment. In: Carter, D. & Walker, A. (eds). (1999). Chapter 7: Care and Conservation of Natural History Collections. Oxford: Butterworth Heinemann, pp. 139 - 151.
- Spearman, R. I. C., & Roberts, F. (1973). *The integument* (No. 3). CUP Archive.
- Steedman, H. F. (1958). Dimethyl Hydantoin Formaldehyde: a new water-soluble resin for use as a mounting medium. *Journal of Cell Science*, 3(48), 451-452.
- Szczepanowska, H., Shockley, F. W., Furth, D. G., Gentili, P., Bell, D., DePriest, P. T., ... & HAWKS, C. (2013). Effectiveness of entomological collection storage cabinets in maintaining stable relative humidity and temperature in a historic museum building. In *Collection Forum* (Vol. 27, No. 1-2, pp. 43-53).
- Tauber, J. (2017, December). The study and conservation of the 20th century wooden chest and its Lepidoptera collection. Repairing methods of Lepidoptera collections. In *CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art* (No. EGG 6). Association CeROArt asbl.
- Temperature and Relative Humidity (RH) | AMNH. (2021). Recuperado el 14 de mayo de 2021, de <https://www.amnh.org/research/natural-science-collections-conservation/general-conservation/preventive-conservation/temperature-and-relative-humidity-rh>
- Thacker, C. E., Feeney, R. F., Camacho, N. A., & Seigel, J. A. (2008). Mold removal and rehousing of the ichthyology and herpetology skeletal collections at the Natural History Museum of Los Angeles County. *Copeia*, 2008(4), 737-741.
- Umney, N. (1992). Corrosion of metals associated with wood. *V&A Conservation Journal*, (4), 9-12.
- Vincent, J. F. (1980, January). Insect cuticle: A paradigm for natural composites. In *Symposia of the society for experimental biology* (Vol. 34, pp. 183-210).
- Walker, A. K., & Crosby, T. K. (1988). *The preparation and curation of insects*. Wellington, UK: DSIR Science Information Publishing Centre.

Wang, Z., Hu, Q., & Cai, L. (2010). Chitin fiber and chitosan 3D composite rods. *International Journal of Polymer Science*, 2010.

## Fuentes de imágenes

Brown, G. & Hancock, E. G. (2007). The Historical Repairs Of Butterflies And Moths From The Eighteenth Century Collection Of William Hunter, University Of Glasgow. *NatSCA News*, Issue 12, 15 - 19.

Chalmers, N., Carter, D. & Walker, A. (1999). Foreword and Prefaces. In: Carter, D. & Walker, A. (eds). (1999). *Foreword and Prefaces: Care and Conservation of Natural History Collections*. Oxford: Butterwoth Heinemann, pp. i - xxi.

Garner, B., Giusti, A. & M. Kerley (2011). Conservation of Insect Specimens Affected by Verdigris. *NatSCA News*, Issue 21, 50 - 59.

Hancock, E. G., & Ryder, S. (2020). Silver and nickel pins in entomology: historical attempts at combating corrosion problems in insect collections. *Journal of Natural Science Collections*, 7, 44-48.

Herrero, A. E., Chandler, K., & Viscardi, P. (2018). Movers, not shakers: challenges and solutions for relocating an entomology collection. *Journal of Natural Science Collections*, 6, 68-78.

Steyskal, G. C., Murphy, W. L., & Hoover, E. M. (Eds.). (1986). *Insects and mites: Techniques for collection and preservation* (No. 1443). US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

Tauber, J. (2017, December). The study and conservation of the 20th century wooden chest and its Lepidoptera collection. Repairing methods of Lepidoptera collections. In *CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art* (No. EGG 6). Association CeROArt asbl.

## ANEXOS

Anexo 1: Encuesta Natural History Museum

Anexo 2: Encuesta Centro de Recursos de Biodiversidad Animal

Anexo 3: Encuesta American Museum of Natural History

Anexo 4: Encuesta Museo Nacional de Ciencias Naturales

Anexo 5: Encuesta Oxford University Museum of Natural History

Anexo 6: Encuesta Natural History Museum of Denmark

## Questionnaire: Final Degree Project

### The Conservation of Entomological Collections

By Alexandra Viladot,

Student of

Conservation and restoration of Cultural Heritage, University of Barcelona

Natural History Museum

1. Does this museum contain historical entomological collections? What are the main conservation problems in this type of collection?

Yes the Natural History Museum, London does contain historical entomological collections.

The main conservation concerns are the same as any natural history collections; the 10 agents of deterioration:

Physical damage, security, light damage, pests, contaminants, incorrect RH, incorrect temperature, fire & flood damage

2. Has the museum contracted professionals that are responsible for maintaining and conserving the entomological collections?

The Museum has professional curators and conservators in house.

3. What are the backgrounds of these professionals (biologists, entomologists, conservators/restorers)?

Do they have specific education in the field of conservation of Natural History Collections?

The background of the staff looking after the collections includes all of the examples you have given.

4. Does the Museum have a specific protocol for the conservation and maintenance of the entomological collections? What steps does this protocol follow?

We do have a best practice and standards we follow for all of the collections and the curators and conservators would regularly review the collections and condition reports of the collection are carried out.

5. Does the museum have a specific laboratory/workshop intended for the conservation and restoration of the specimens?

Yes, most conservation work on individual specimens would be undertaken by the entomology curators but more extensive remedial conservation will be undertaken by the conservators in the conservation centre on site.

6. What temperature and humidity parameters are maintained in the museum to assure the best conservation of the collections? Are the specimens contained in showcases that have temperature and humidity control systems?

The Historical entomological collections are stored in a temperature and RH regulated storeroom. They are housed in locked metal cabinets and within the cabinets they specimens are either in glass topped drawers or boxed bound volumes. The temperature and RH is recorded by a telemetric system which will alert the curators and conservators when the set parameters are exceeded. The parameters are set by the conservator/curators and may differ depending on the collections.

7. What methods are used to store the entomological specimens that are not exposed to the public?

As above. The historical specimens are rarely used for exhibition. In exceptional circumstances they might go on exhibit but the curator/conservator will stipulate strict parameters.

8. Do the entomological specimens in this museum often undergo conservation treatment (such as reconstruction, or joining of loose pieces)?

If so, what adhesives and products are used?

Yes, different entomologist use and prefer different glues depending on the group of insects. All glues will be reversable in alcohol or water. Secotine and shellac are commonly used.

9. Are any chemical products usually applied to the entomological specimens to protect them, such as an antimicrobial agent? If so, what products are used?

No. In the past chemicals were used to protect the collection but due to a change in culture and new regulations and restrictions we do not as a rule.

10. Do the specimens ever contain proof of old/outdated conservation treatments? If so, what would be an example of this?

Yes. Naphthalene was used for many year and many other treatments have been used in the past.

11. Are there any interesting publications in the field of conservation of entomological collections that you can recommend, or that you use as reference?

The publications tend to be more generic to Natural History but SPNHC, NatSCA are useful organisations.

Cuestionario para el TFG “La Conservación y Restauración de las Colecciones Entomológicas”  
por Alexandra Viladot

Centre de Recursos de Biodiversitat Animal, Facultat de Biologia

1. ¿El fondo de esta institución incluye colecciones de especímenes entomológicos?  
**Si** ~~No~~  
Si ha respondido afirmativamente a la pregunta anterior, ¿qué tipo de colecciones entomológicas son?
  
2. ¿Dispone la institución de personal específico cuya función es mantener y conservar las colecciones de especímenes naturales? **Si** ~~No~~  
Tipo de personal:
  - **Personal contratado**
  - Personal externo
  - Otros
  
3. ¿Se ha contratado personal específico dedicado a las colecciones entomológicas?  
**Si** ~~No~~
  
4. ¿Cuál es la formación de este personal?
  - ~~Conservador/a y restaurador/a~~
  - **Biólogo/a o entomólogo/a**
  - Otros

¿Tienen formación especializada en la conservación de colecciones de especímenes de Historia Natural? **Si** ~~No~~
  
5. ¿Existe un protocolo específico para la conservación y mantenimiento de las colecciones entomológicas en esta institución? **Si** ~~No~~  
En el caso de que la respuesta sea afirmativa, ¿cuáles de los siguientes pasos son incluidos en este protocolo?
  - **Ajuste y medición de parámetros ambientales**
  - **Limpiezas periódicas de las colecciones**
  - **Revisión periódica del estado de conservación de los especímenes**
  - **Intervenciones y tratamientos en casos necesarios**
  
6. ¿Disponen de un taller de restauración? **Si** ~~No~~
  
7. ¿Qué niveles de Temperatura y Humedad Relativa se mantienen en su Centro para asegurar la conservación de las colecciones entomológicas?  
**Solo se controla la temperatura procurando mantener un valor de unos 17º mediante un aparato de aire acondicionado.**

8. ¿Qué métodos de almacenamiento emplea esta Institución para las colecciones entomológicas?  
**Cajas entomológicas guardadas en armarios cerrados.**
9. ¿Qué sistemas emplea esta institución a la hora de exponer los especímenes entomológicos?  
~~— Expositores de cristal~~  
~~— Vitrinas estancas~~  
~~— Vitrinas con dispositivos que permiten controlar los niveles de T y HR~~  
- ~~Vitrinas dotadas de filtros UV, para reducir la incidencia de las radiaciones luminosas~~  
- **Cajas entomológicas de madera con tapa de cristal en el interior de vitrinas.**
10. ¿Se acostumbra a aplicar tratamientos de conservación curativa y de restauración (consolidación, readhesión de piezas, reintegración cromática o volumétrica) a los especímenes entomológicos? **Si No**  
En el caso de que la respuesta a la pregunta anterior haya sido afirmativa, ¿qué materiales y productos se emplearían para, por ejemplo, readherir un elemento desprendido de un espécimen? **Gomas blancas hidrosolubles.**
11. ¿Se aplica algún tratamiento químico para la preservación de los especímenes?  
**Si No**  
En el caso de responder afirmativamente a la pregunta anterior, ¿cuáles son los productos y materiales que se emplearían? ¿En qué proporciones se aplican los compuestos?  
**Insecticidas naturales (piretrinas) en el interior de las cajas entomológicas.**
12. ¿Me puede recomendar alguna publicación que haya sido usada de referencia para la conservación de los especímenes entomológicos en su institución?  
**Adjunto un par de publicaciones.**

*\*Las preguntas anteriores tienen un propósito únicamente educativo, y en ningún momento tienen la intención de poner en duda las prácticas de la institución o el profesional entrevistado.*

## Questionnaire: Final Degree Project

### The Conservation of Entomological Collections

American Museum of Natural History

By Alexandra Viladot,

Student of

Conservation and restoration of Cultural Heritage, University of Barcelona

12. Does this museum contain historical entomological collections? What are the main conservation problems in this type of collection?

Julia: AMNH is a large campus with interconnected structures from different eras. Primary challenges across the board are maintaining appropriate environmental control and protection from infrastructure failures, such as leaks. Pest management is another area of focus for us.

Chris: We do have historical entomological collections with specimens dating back to the late 1800s. We have a few challenges in conservation:

- a. In the dry, pinned collection, there is always a risk of damage/destruction by dermestid beetle larvae that like to eat dead insect specimens, and psocids ('book' lice).
- b. Dry specimens are also at risk of being damaged 1) just in the process of moving specimens to update the collection according to new classifications; 2) allowing researchers to examine specimens onsite; 3) loaning specimens, both in the mailing process and by researcher use; and 4) loaning specimens for exhibition purposes.
- c. In the fluid preserved collection, the challenge is making sure vials/jars don't fail and the fluid evaporates, making the specimens shrivel up and useless, as well as making sure the level of ethanol is between 70-75%, which is hard to tell unless you test it. The fluid becomes more water and there is a risk of mold. Also, many entomology collections in fluid have rubber stoppers (an old practice). Ethanol interacts with rubber and in some cases oils leach on to specimens or the rubber dissolves

d. As Julia mentioned, maintaining environmental conditions can have an effect on specimen dna, especially fluctuations in humidity and temperature.

13. Has the museum contracted professionals that are responsible for maintaining and conserving the entomological collections?

Julia: the museum has two full time trained conservators on staff for all of the Science collections collectively. Conservators support collections staff, who are directly responsible for day-to-day monitoring and care.

Chris: As Julia mentioned, we have museum specialists and a collection manager (me), who regularly monitor environmental conditions. We conduct group annual fluid checks to make sure fluid levels are optimal and 'dermestid' checks. However, in our daily work, we interact with the collection and can easily spot dermestid infestations by frass and damage to specimens, which are 'repaired' on the spot (such as attaching detached appendages to a 'card' that is attached to the same pin as the specimen).

14. Are these professionals conservators/restorers or rather biologists or entomologists? Do they have specific education in the field of conservation of Natural History Collections?

Julia: I have 4 years graduate training in object conservation, with 11 years experience specializing in natural history collections. During my graduate training, special projects and one year of study were focused only on natural history materials.

Chris: As for the Museum Specialists and Collection Manager in the Division of Invertebrate Zoology, we are primarily biologists or entomologists. In addition to preserving our specimens, it is equally important to be able to identify our specimens to at least the family level and to understand taxonomic nomenclature, as well as to be able to preserve and repair specimens appropriately. By having entomological experience, you need to know how to collect and preserve specimens so that you can see the necessary morphological features.

15. Does the Museum have a specific protocol for the conservation and maintenance of the entomological collections? What steps does this protocol follow?

Julia: all science collections treated by conservation are fully documented in writing and photographically prior to treatment. Any treatment is approved in advance by the collection manager/curator prior to execution. Objects treated are fully documented again after treatment, and documentation is archived in preservation formats.

Chris: Because major groups of insects can differ widely in how they are preserved and conserved, each Museum Specialist generally follows the guidance of the Collection Manger and the Curator-in-Charge. We deal often with hundreds of specimens a day.

16. Does the museum have a specific laboratory/workshop intended for the conservation and restoration of the specimens?

Julia: Conservation has a dedicated laboratory

Chris: Yes, but for general insect preservation & restoration, we (Collection Manger & Museum Specialists) work in their offices, collection spaces or wet lab.

17. What temperature and humidity parameters are maintained in the museum to assure the best conservation of the collections? Are the specimens contained in showcases that have temperature and humidity control systems?

Julia: Conservation has specified parameters for each collection material according to T and RH standards across the field, but as noted above, it is often difficult to maintain those targets due to the nature of our facility. We do not presently have climate-controlled cases, but our newest permanent exhibit will do.

Chris: In our dry insect & fluid collections, we try to maintain 68-70F with 45% humidity. I am not sure what the exhibition cases have.

18. What methods are used to store the entomological specimens that are not exposed to the public?

Julia: Storage cabinet and compactor storage.

Chris: as Julia said

19. Do the entomological specimens in this museum often undergo conservation treatment (such as reconstruction, or joining of loose pieces)? If so, what adhesives and products are used?

Julia: Not often.

Chris: Our 'conservation' treatment for insects generally involves attaching appendages that have been dislodged to an acid free piece of cardstock (8x15 mm in

size) with jade or even elmer's glue. These can be dissolved to release the appendage if necessary.

20. Are any chemical products usually applied to the entomological specimens to protect them, such as an antimicrobial agent? If so, what products are used?

Julia: not by Conservation.

Chris: Nothing is used on insect specimens; they 'preserve' naturally. Soft-bodied insects are stored in 75% ethanol

21. Do the specimens ever contain proof of old/outdated conservation treatments? If so, what would be an example of this?

Julia: I have not seen examples, but I would not be surprised.

Chris: In general, believe it or not, no. We preserve/conservate specimens today much as they did back in the 1600s. Insect drawers used to be made of cedar, which is sometimes costly now, and there is some evidence that drawers may have contained some type of insect repellent to repel dermestids. Today, we use no chemical agents and freeze specimens for 3 days at -40 prior to putting specimens into the collection.

22. Are there any interesting publications in the field of conservation of entomological collections that you can recommend, or that you use as reference?

Chris: Any general Entomology book shows the general way to preserve specimens, including indicating the best type of pins to use to pin an insect (stainless steel or spring steel coated with black enamel)

Cuestionario para el TFG “La Conservación y Restauración de las Colecciones Entomológicas”  
por Alexandra Viladot  
Encuesta Museo Nacional de Ciencias Naturales

1. ¿El fondo de esta institución incluye colecciones de especímenes entomológicos?

Si

Si ha respondido afirmativamente a la pregunta anterior, ¿qué tipo de colecciones entomológicas contiene?

La colección de Entomología del MNCN conserva ejemplares adultos y larvas de casi todos los grupos de hexápodos, muestras de formaciones producidas por la interacción animal-planta (agallas), muestras de vegetales con sus parásitos asociados y construcciones realizadas por algunos insectos (nidos)

2. ¿Dispone la institución de personal específico cuya función es mantener y conservar las colecciones de especímenes naturales? Si

Tipo de personal:

- Personal contratado
- Personal externo
- Otros

En la actualidad solo se dispone de personal con contrato de carácter fijo

3. ¿Se ha contratado personal específico dedicado a las colecciones entomológicas?

Este personal se ocupa específicamente de la gestión y conservación de la colección de entomología

¿Cuál es la formación de este personal?

- Conservador/a y restaurador/a
- Biólogo/a o entomólogo/a
- Otros

4. ¿Tienen formación especializada en la conservación de colecciones de especímenes de Historia Natural?

Tenemos muchos años de experiencia, y la formación ha sido progresiva a lo largo del tiempo y del contacto con predecesores y otros compañeros de la Institución a cargo de otras colecciones

5. ¿Existe un protocolo específico para la conservación y mantenimiento de las colecciones entomológicas en esta institución? Si

En el caso de que la respuesta sea afirmativa, ¿cuáles de los siguientes pasos son incluidos en este protocolo?

- Ajuste y medición de parámetros ambientales – Solo se ajusta la temperatura
- Limpiezas periódicas de las colecciones – El material está guardado en armarios herméticos, y las cajas solo se limpian cuando al trabajar con ellas vemos que es necesario
- Revisión periódica del estado de conservación de los especímenes – Lamentablemente la escasez de efectivos no nos permite hacer revisiones periódicas del material, y solo podemos comprobar el estado de aquellas cajas a las que accedemos para facilitar los fondos para su estudio o resolver consultas.
- Intervenciones y tratamientos en casos necesarios – No ha sido necesario en los

últimos 30 años

6. ¿Disponen de un taller de restauración? No

7. ¿Qué niveles de Temperatura y Humedad Relativa se mantienen en su Centro para asegurar la conservación de las colecciones entomológicas? Según nuestra experiencia la conservación propiamente dicha de la colección no requiere de unos parámetros de temperatura y humedad muy estrictos, siempre que no se produzcan fuertes oscilaciones. Mantenemos un control de temperatura en los depósitos como forma de evitar o contener el desarrollo de plagas que podrían comerse los ejemplares conservados en seco (esto unido a una cuarentena a  $-40^{\circ}\text{C}$  a los materiales que van a incorporarse a la colección).

8. ¿Qué métodos de almacenamiento emplea esta Institución para las colecciones entomológicas?

Armarios metálicos herméticos. En su interior se guardan las muestras: en cajas entomológicas para los ejemplares que se conservan en seco, en botes de plástico o cristal para los que se conservan en alcohol. Estos armarios están en salas separadas, y no es habitual que convivan ambos tipos de formas de conservación en el mismo armario.

9. ¿Qué sistemas emplea esta institución a la hora de exponer los especímenes entomológicos?

- Expositores de cristal
- Vitrinas estancas
- Vitrinas con dispositivos que permiten controlar los niveles de T y HR
- Vitrinas dotadas de filtros UV, para reducir la incidencia de las radiaciones luminosas
- Otros sistemas

La Institución tiene un programa de exposiciones en el que no participan de forma exclusiva los fondos de la colección de entomología, y no hay ninguna exposición específica sobre insectos.

Los sistemas de exposición varían con el diseño expositivo en cada caso, aunque lo más habitual es que hay vitrinas estancas, más o menos grandes, donde se incluyen los materiales. En cualquier caso, solemos presentar los ejemplares dentro de cajas entomológicas que se incluyen dentro de estas vitrinas, con el resto de los elementos elegidos para ilustrar el tema correspondiente. En nuestra Institución estas vitrinas no tienen control de niveles de T y HR, pero sí filtros UV e intentamos que la iluminación no supere los 50 lux. Estos requisitos son los que aplicamos tanto a nuestra Institución como a cualquier otra a la que prestemos ejemplares para exposiciones.

10. ¿Se acostumbran a aplicar tratamientos de conservación curativa y de restauración (consolidación, readhesión de piezas, reintegración cromática o volumétrica) a los especímenes entomológicos? Si No

En el caso de que la respuesta a la pregunta anterior haya sido afirmativa, ¿qué materiales y productos se emplearían para, por ejemplo, readherir un elemento desprendido de un espécimen?

Lo único que hacemos en ocasiones es pegar fragmentos desprendidos del ejemplar.

Dependiendo de la parte caída y del tipo de ejemplar, no necesariamente se trata de reconstruir el ejemplar, sino que lo más importante es conservar la pieza, que puede quedar pegada en una etiqueta o ser incluida en un microtubo, en cualquier caso asociados al ejemplar.

11. ¿Se aplica algún tratamiento químico para la preservación de los especímenes?

No

En el caso de responder afirmativamente a la pregunta anterior, ¿cuáles son los productos y materiales que se emplearían? ¿En qué proporciones se aplican los compuestos?

12. ¿Me puede recomendar alguna publicación que haya sido usada de referencia para la conservación de los especímenes entomológicos en su institución?

Ninguna en concreto

\*Las preguntas anteriores tienen un propósito únicamente educativo, y en ningún momento tienen la intención de poner en duda las prácticas de la institución o el profesional entrevistado.

## Questionnaire: Final Degree Project

### The Conservation of Entomological Collections

By Alexandra Viladot,

Student of

Conservation and restoration of Cultural Heritage, University of Barcelona

Oxford University Museum of Natural History

1. Does this museum contain historical entomological collections? **Yes** What are the main conservation problems in this type of collection? **Old storage systems may not be pest-proof. Corrosion of pins. Acid damage of label paper. Physical damage to specimens – broken parts etc.**
2. Has the museum contracted professionals that are responsible for maintaining and conserving the entomological collections? **All activities in the Museum's entomological collections are undertaken by Museum staff. All conservation work is undertaken by the entomology curators.No external contractors are used.**
3. What are the backgrounds of these professionals (biologists, entomologists, conservators/restorers)?  
Do they have specific education in the field of conservation of Natural History Collections?
4. Does the Museum have a specific protocol for the conservation and maintenance of the entomological collections? What steps does this protocol follow? **Staff are trained in all aspects of specimen curation and conservation and each specimen is treated on a case-by-case basis.**
5. Does the museum have a specific laboratory/workshop intended for the conservation and restoration of the specimens? **No, specimen conservation and all other activities in the entomological collection are performed in a central working area or offices of staff.**
6. What temperature and humidity parameters are maintained in the museum to assure the best conservation of the collections? Are the specimens contained in showcases that have temperature and humidity control systems? **The Museum is an old building (1860) with no environmental control. However, the collection is maintained in a**

stable environment. Temperature 18-25°, Relative humidity 40-65%. In public areas specimens are displayed with UV protection but not always temperature and humidity control.

7. What methods are used to store the entomological specimens that are not exposed to the public? **Specimens are stored in cardboard trays lined with plastazote. The trays are contained in glass-topped wooden entomological drawers. The drawers are housed in pest-proof metal cabinets.**
8. Do the entomological specimens in this museum often undergo conservation treatment (such as reconstruction, or joining of loose pieces)? **Yes**  
If so, what adhesives and products are used? **Conservation grade EVA ethylene vinylacetate adhesive with neutral pH.**
9. Are any chemical products usually applied to the entomological specimens to protect them, such as an antimicrobial agent? **No** If so, what products are used?
10. Do the specimens ever contain proof of old/outdated conservation treatments? If so, what would be an example of this? **It is common to find specimens which have been repaired in the past – sometimes not very well!**
11. Are there any interesting publications in the field of conservation of entomological collections that you can recommend, or that you use as reference?

## Questionnaire: Final Degree Project

### The Conservation of Entomological Collections

By Alexandra Viladot,

Student of

Conservation and restoration of Cultural Heritage, University of Barcelona

Natural History Museum of Denmark

1. Does this museum contain historical entomological collections? What are the main conservation problems in this type of collection?

Yes indeed! We have a large type collection, including part of Fabricius, dating back to 1775.

<https://samlinger.snm.ku.dk/en/dry-and-wet-collections/zoology/entomology/fabricius-collection/>

As long as these dried mounted insects are kept in a stable environment with controlled humidity and heat, and of course is kept away from light, they will not be degraded in any critical way, for hundreds of years. However, we have problems with alcohol specimens that need to be controlled and refilled. In correct alcohol concentration approx. 70%, they are fairly stable.

2. Has the museum contracted professionals that are responsible for maintaining and conserving the entomological collections?

We, the employed collection managers are responsible: we are a few persons educated in conservation, and we have the responsibility of conservation-related issues.

3. Are these professionals conservators/restorers or rather biologists or entomologists? Do they have specific education in the field of conservation of Natural History Collections?

As above. We also have some employees educated as biologists and one employee that has no academic education, but is highly (extreme) dedicated to entomology (collecting and determining species).

4. Does the Museum have a specific protocol for the conservation and maintenance of the entomological collections? What steps does this protocol follow?

I am afraid not. But again, dried insects which encompass the vast majority of specimens (25.000 drawers), and these are kept safe from insect pests and fairly stable climate, and therefore very stable.

5. Does the museum have a specific laboratory/workshop intended for the conservation and restoration of the specimens?

No.

6. What temperature and humidity parameters are maintained in the museum to assure the best conservation of the collections? Are the specimens contained in showcases that have temperature and humidity control systems?

Insect specimens from our scientific collections are NOT being put on permanent display, as they would quickly be bleached and damaged. However, some are occasionally put on display with very limited light for a few months.

Unfortunately, we do not have humidity controlling systems in this building (50 years of storage). But the collections are to be moved to a new museum building with climate control in a few years. The environment in the collections in the center of a large concrete building is fairly stable: no windows, no pest insect attacks, wooden drawers act as buffering capacity, and we never experience above 50 % relative humidity (RH), more often much drier, with no drastic fluctuations.

7. What methods are used to store the entomological specimens that are not exposed to the public?

See above.

8. Do the entomological specimens in this museum often undergo conservation treatment (such as reconstruction, or joining of loose pieces)?

If so, what adhesives and products are used?

No regular conservation/restoration. If valuable specimens (types) lose a leg or an antenna, some experienced researchers will put it in a small cylinder attached to the needle, or glue them on cardboard with a fast-hardening cellulose nitrate glue (I think).

9. Are any chemical products usually applied to the entomological specimens to protect them, such as an antimicrobial agent? If so, what products are used?

NO! I would never put any kind of chemicals on any kind of specimen at the museum, particularly not those that are to be studied under a microscope. That would probably interfere with the long-term preservation and certainly obscure the crucial microscopic

surface structure details essential to research, which is the whole idea of why we keep them in the collection!

Instead, we fight to keep collections and exhibitions free of insect pests, and freeze specimens/sections that have been attacked.

10. Do the specimens ever contain proof of old/outdated conservation treatments? If so, what would be an example of this?

Not in entomology, but in other collections (mammals, birds, fish, marine invertebrates)

11. Are there any interesting publications in the field of conservation of entomological collections that you can recommend, or that you use as reference?

I have not studied entomological conservation, my focus are on vertebrates.

But I would suppose that only limited literature is found conservation of mounted insects because they extremely stable. Core issues are most probably related to preservation of soft-bodied specimens (larvae etc) in alcohol or other conservation liquids.