

CUADERNOS TÉCNICOS
DE PATRIMONIO 4



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

COLECCIONES DE CIENCIAS NATURALES

DE LA
UNIVERSIDAD
DE GRANADA

**COLECCIONES
DE CIENCIAS
NATURALES**

DE LA
UNIVERSIDAD
DE GRANADA

CRÉDITOS

Pilar Aranda Ramírez
Rectora Magnífica de la Universidad de Granada

Víctor Jesús Medina Flórez
Vicerrector de Extensión Universitaria

M^a Luisa Bellido Gant
Directora del Secretariado de Bienes Culturales

Jorge A. Durán Suárez
Director del Secretariado de Conservación y Restauración

Antonio Collados Alcaide
Coordinador del Área de Recursos Gráficos y Editoriales

CUADERNO TÉCNICO 4
“COLECCIONES DE CIENCIAS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA”

Edita
Editorial Universidad de Granada

Coordinación general de los Cuadernos Técnicos de Patrimonio
María Luisa Bellido Gant

Coordinación general del Cuaderno Técnico 4
María Luisa Bellido Gant
Ana Isabel García López

Coordinación editorial del Cuaderno Técnico 4
María Luisa Bellido Gant
Antonio Collados Alcaide

Diseño de colección
Juan Hurtado Díaz-Cano

Maquetación
Patricia Garzón Martínez

Impresión
Imprenta Comercial Motril

ISBN: 978-84-338-6077-4
Depósito Legal: GR./803-2017
© De la presente edición, Universidad de Granada.
© De los textos, los autores
© De las imágenes, los autores



La serie editorial de Cuadernos Técnicos del Patrimonio surge debido a la necesidad de dotar al Vicerrectorado de Extensión Universitaria de publicaciones que aborden aspectos patrimoniales en relación con cuestiones de carácter transversal y que sirvan de vehículo de difusión y diálogo de las distintas colecciones que conforman el rico acervo universitario. El objetivo es convertir estos Cuadernos en un espacio de reflexión y debate sobre temas relacionados con la conservación, la restauración, la gestión, la difusión y la puesta en valor de los bienes muebles e inmuebles de la Universidad de Granada en toda su amplitud.

No se plantean con un enfoque exclusivamente local pues su intención es abrirse a distintas problemáticas patrimoniales y convertirse en un instrumento que integre estudios de carácter nacional e internacional. Asimismo, entendemos que al Patrimonio hay que afrontarlo desde una perspectiva histórica pero también actual y en diálogo con la compleja realidad social.

ÍNDICE

COLECCIONES DE CIENCIAS NATURALES

DE LA
UNIVERSIDAD
DE GRANADA

- 1. El aula museo de paleontología
“Asunción Linares”** 9
*Francisco J. Rodríguez-Tovar
Socorro Aranda Taboada*
- 2. Colección de mutantes de *Drosophila*
Melanogaster del Departamento de Genética** 17
*Rafael Jiménez, Federico Zurita y María Nieves
Escolano*
- 3. Colecciones zoológicas** 25
*Daniel Aguayo Becerra; Pedro J. Sandoval
Cortés; Francisca Ruano Díaz; Carmen Zamora
Muñoz; Manuel Martín Fernández; Felipe
Pascual Torres y Alberto Tinaut Ranera.*
- 4. El Museo de minerales** 35
Nicolás Velilla y Giuseppe Cultrone
- 5. El Museo de Suelos del Departamento
de Edafología y Química Agrícola** 49
*Francisco Javier Martínez Garzón, Francisco
José Martín Peinado, Manuel Sierra Aragón,
Ángel Iriarte Mayo, Irene Ortíz Bernal, Emilia
Fernández Ondoño y Carlos Dorronsoro
Fernández*

EL AULA MUSEO DE PALEONTOLOGÍA “ASUNCIÓN LINARES”

Francisco J. Rodríguez-Tovar
Socorro Aranda Taboada

El Aula Museo de Paleontología se encuentra situada en el Área de Paleontología del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada, en la primera planta de la Facultad de Ciencias correspondiente a la sección de Geología.

Los fondos de la colección de fósiles del Departamento son muy numerosos, de manera que se encuentran ubicados en varios locales de la Facultad de Ciencias. En el Área de Paleontología se localizan en la sala 17, los laboratorios 19 y 21, y los armarios del propio Área. Los fondos de la sala 17 forman el cuerpo del Aula Museo (objeto de este cuaderno), mientras los de los laboratorios 19 y 21 se destinan a labores de docencia, y los ubicados en los armarios a la investigación de los miembros del Departamento.

ORIGEN Y DESARROLLO DE LA COLECCIÓN

Si bien desde comienzos del desarrollo de la Paleontología en la Universidad de Granada se fue recopilando material paleontológico de interés para su exposición, no sería hasta inicios de los años setenta (1971) cuando el Aula Museo del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada empezó a organizarse de manera sistemática. Sin embargo, será a comienzos de los años noventa cuando se lleva a cabo un gran cambio en la visibilidad del mismo, alcanzando el aspecto que posee en la actualidad.

En los primeros años, la colección se abastece a partir de las colecciones paleontológicas propias de personas ligadas al De-

partamento. Posteriormente, adquiere un primer impulso como resultado de la incorporación, fundamentalmente, del material procedente de las colecciones de los miembros del Departamento que formaban parte de sus Tesis Doctorales. En este caso y dada la temática de las mismas, se trataba, mayoritariamente de fósiles de ammonoideos (fósil índice en bioestratigrafía, de gran utilidad para los estudios geológicos que se llevaban a cabo durante ese tiempo en la Cordillera Bética). En sucesivos años, y en paralelo a la realización de investigaciones sobre otros grupos fósiles, así como a la donación por parte de colaboradores del Departamento, la colección ha ido aumentando en número de ejemplares y diversidad de grupos representados, adquiriendo la configuración que posee en estos momentos.

Actualmente, el Aula Museo se encuentra en periodo de reforma y expansión, con la finalidad de abarcar un abanico más amplio de grupos fósiles, en un contexto acorde con las tendencias actuales en paleontología y con las nuevas líneas de investigación. Por su belleza e interés se está organizando una colección de micropaleontología, en la que se incluyen ejemplares de algas, foraminíferos, micromamíferos, ostrácodos, pólenes, radiolarios, etc., para su observación microscópica.

En diciembre de 2005, año de su fallecimiento, y como homenaje a la Dra Asunción Linares Rodríguez, primera catedrática universitaria en una Facultad de Ciencias de España y profesora de Paleontología desde sus inicios en la Universidad de Granada, se dedica el Aula Museo a su persona, llevando el nombre "Aula Museo Asunción Linares".

EXPOSICIÓN

Una pequeña parte de los fondos que componen la colección de fósiles del Departamento de Estratigrafía y Paleontología se encuentran expuestos de manera permanente en el Aula Museo (sala 17).

En la actualidad la colección del Aula Museo está constituida por algo más de 2200 ejemplares, todos ellos caracterizados y catalogados, repartidos en 29 vitrinas (Figs. 1, 2, 3), cuya distribución responde, en gran medida, al carácter investigador y docente de la colección:

a) En la parte central del Aula Museo se ubica el cuerpo de la colección. Se trata de 12 vitrinas dedicadas prácticamente en exclusividad a Ammonoideos (Fig. 2). Posee un carácter fundamentalmente investigador, con más de 900 ejemplares procedentes de la Cordillera Bética. La mayoría de ellos pertenecen a colecciones correspondientes a investigaciones de los miembros del Departamento, principalmente de sus Tesis Doctorales. La mayor parte de estos ejemplares se encuentran figurados y citados en publicaciones.

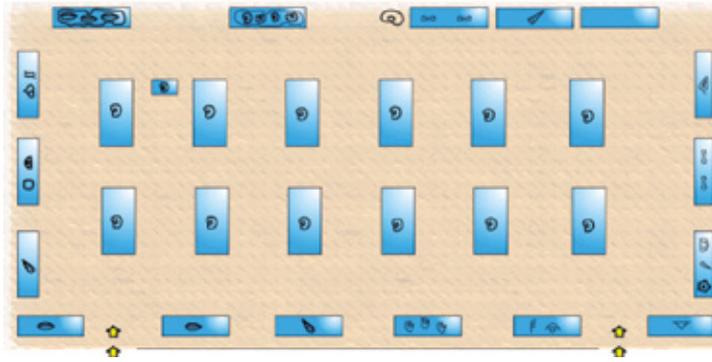


Figura 1. Plano general del Aula Museo mostrando la distribución de vitrinas e indicando los restos fósiles que las componen.

A nivel general, los fósiles de ammonites expuestos en el Aula Museo se encuentran perfectamente catalogados, siendo su identificación inmediata, incluyendo información sobre la sigla del ejemplar, clasificación taxonómica (familia, género y especie), localización del yacimiento, y colección a la que pertenece. A lo largo de las 12 vitrinas poseen una ordenación bioestratigráfica zonal/subzonal desde el Jurásico inferior al Cretácico inferior. Tienen gran interés los ejemplares utilizados como holotipos para la caracterización específica, en especial cuando se trata de especies de importancia bioestratigráfica.

Junto con las 12 vitrinas dedicadas a ammonoideos, en la parte central se localiza una vitrina dedicada a restos de grandes mamíferos, entre los que destacan las piezas de un ejemplar de mamut (*Mammutus primigenius*), prodedente de las turberas de Padul, Granada (Fig. 7).



Fig. 2. Vitrinas de la parte central del Aula Museo compuestas, fundamentalmente por Ammonoideos.

b) Las vitrinas localizadas junto a las paredes (16 vitrinas), poseen un gran interés para la docencia, agrupando cerca de 1300 ejemplares ordenados por grupos taxonómicos. En su mayoría son fósiles de invertebrados (8 vitrinas), entre los que se incluyen cnidarios (corales), artrópodos (trilobites), moluscos (bivalvos

y gasterópodos), braquiópodos, equinodermos (crinoideos y equinoideos) y graptolitos, entre otros. También se exponen (4 vitrinas) ejemplares de vertebrados y plantas. Las 4 vitrinas restantes contienen otro tipo de fósiles como los correspondientes a estructuras biogénicas (coprolitos, bioturbaciones, perforaciones), o ejemplos de facies caracterizadas por el contenido fósil.

La mayoría de los fósiles proceden de la Cordillera Bética. Sin embargo, también se encuentran ejemplares que provienen de otras áreas de la Península Ibérica (Cordilleras Ibérica, Cantábrica, etc.), o de otros países (Francia, Alemania, Marruecos). Esta parte del Museo tiene marcado carácter docente y en parte recreativo. Por este motivo, junto a los ejemplares fósiles se incluyen algunos ejemplares actuales complementarios, de interés para la función didáctica.



Fig. 3. Vista de Aula Museo en la que se aprecian las vitrinas centrales dedicadas a los Ammonoideos y las localizadas junto a las paredes dedicadas a otros grupos taxonómicos.

EJEMPLARES DESTACADOS

Resulta difícil destacar algunos ejemplares entre la numerosa colección expuesta en el Aula Museo dado el interés tanto científico como docente de la mayoría de ellos. En algunos casos, ejemplares poco espectaculares desde el punto de vista educativo poseen un gran interés científico, o viceversa. Sin embargo, en estas líneas destacaremos aquellos ejemplares que, por su espectacularidad, atraen una mayor atención del público que visita el Aula Museo.

- Ejemplares del icnogénero *Brachychiroterium* (Fig. 4). Se trata de unas huellas de reptil, procedentes de materiales triásicos localizados en Cambil (Jaén), cuyos originales se encuentran cedidos temporalmente al Parque de las Ciencias de Granada. Su buena conservación permite, incluso, observar detalles de las marcas de la piel del talón.

- Ejemplar de ammonites *Emericiceras thiollierei* con una talla superior a los 75 cm, procedente de materiales cretácicos localiza-

dos en la Sierra del Cid (Petrer, Alicante) (Fig. 5). El ejemplar, de tamaño excepcional, muestra el desenrollamiento de la concha, típico de ammonites heteromorfas.

- Ejemplar de tortuga *Hispaniachelys prebetica*, procedente de materiales del Jurásico superior localizados en la Sierra de Cazorla (Jaén) (Fig. 6). Se trata de un caparazón de tortuga, en cuya parte dorsal pueden observarse, incluso los diferentes escudos que lo forman.

- Ejemplar de mamut *Mammuthus primigenius* procedente de materiales del Pleistoceno final, localizados en el Padul (Granada). Destacan algunas piezas, como una defensa y la mandíbula, en la que observan perfectamente las coronas de los dientes (Fig. 7).

- Restos de ballenas (*Cephalotropis*) y pinnípedos (*Otariidae*) (Figs. 8, 9) procedentes de materiales del Tortonense superior de Villanueva de la Reina (Jaén), en los que destaca la buena conservación de vértebras y sus correspondientes costillas.

Junto con estos ejemplares, más espectaculares, conviene destacar la variedad de muestras de diferentes grupos, cuya buena conservación permite al visitante observar algunos rasgos difíciles de reconocer en muestras de forma habitual. Entre estos, por ejemplo, líneas de crecimiento en conchas de bivalvos (Figs. 10A), la configuración reticular en trazas fósiles (Fig. 10B), los empaquetamientos en colonias de bivalvos (Fig. 10C), las costillas y líneas de sutura en ammonites (Fig. 10D), los detalles en las hojas de restos vegetales (Fig. 10E), o los delicados brazos en ejemplares de ofiuroides (Fig. 10F).



Fig. 4. Huellas del icnogénero *Brachychi-roterium* (Triásico, Cambil, Jaén).



Fig. 5. Ejemplar de ammonites heteromorfo *Emericiceras thiollierei* (Barremiense inferior, Sierra del Cid, Petrer, Alicante)



Fig. 6. Ejemplar de tortuga *Hispaniachelys prebetica* (Jurásico superior, Sierra de Cazorla, Jaén).



Fig. 7. Mandíbula de mamut (*Mammuthus primigenius*) (Pleistoceno final, Padul, Granada).



Fig. 8. Cráneo de ballena (*Cephalotropis*, Tortoniense superior, Villanueva de la Reina, Jaén).



Fig. 9. Tórax de pinnípedo (Otariidae, Tortoniense superior, Villanueva de la Reina, Jaén).



Fig. 10. A) Ejemplar de bivalvo *Amussium cristatum* (Plioceno, Cuevas de los Medina, Almería). B) Ejemplar de la traza fósil *Paleodictyon*. C) Ejemplares de *Crassostrea* del Mioceno de Almería. D) Ejemplar de ammonites *Pseudogrammoceras andaluciensis* (Jurásico inferior, Cerro Méndez, Granada). E) Ejemplar de hoja de *Callipteridium gigas* (Santa Lucía, León). F) Ejemplar de ofiuroides (*Geocoma carinata*) (Malm, Dant bei Solnhofen, Alemania).

OBJETIVOS

Desde sus inicios, el Aula Museo se planteó con una doble vertiente, docente e investigadora, con el objetivo de atraer tanto al público no especializado procedente de escuelas, institutos y en general centros educativos, como para los investigadores interesados en los ejemplares de la colección.

Especial atención se ha prestado, desde que el Aula Museo adquirió su actual estructura, a divulgar la colección entre el público en general. Un objetivo fundamental del Departamento ha sido, y sigue siendo, que la Sociedad fuera partícipe de las actividades relacionadas con el Aula Museo, a partir de visitas guiadas dirigidas por los miembros del Departamento. Además, estas visitas se complementan con trípticos explicativos, editados por el Departamento, que se entregan a los visitantes al comienzo de las mismas.

La acogida a esta iniciativa superó las expectativas iniciales, de manera que el Aula Museo es visitada habitualmente tanto de manera individual como por grupos interesados en conocer la colección. Destacar el amplio espectro de visitantes, desde alumnos de primaria, a personas mayores procedentes de diferentes colectivos. El interés y buena acogida de la visita se pone de manifiesto en su inclusión, desde sus inicios, dentro de las actividades que se realizan en el marco de “La Semana de la Ciencia”, “Café con Ciencia”, “La Noche de los Investigadores”, “Aula Científica Permanente”, “Cursos sobre Colecciones Científicas”, y “Día de los Museos”. Junto con la visita y, para que el visitante, además, tenga un grato recuerdo de la misma, el Departamento les obsequia con réplicas de algunos de los ejemplares expuestos en la colección (Fig. 11).

Junto con las visitas presenciales a la colección, con el objetivo de darle la mayor difusión posible y conocimiento de la misma, en la actualidad, en la página web del Departamento (<http://www.ugrestratig.es/>), se puede acceder a las colecciones ubicadas en el Aula Museo (http://www.ugrestratig.es/museo_paleontologia.php), así como a las existentes en los laboratorios de prácticas (<http://www.ugrestratig.es/practicas.php>).



Fig. 11. Réplicas de ejemplares (ammonites, trilobites, braquiópodos) del Aula Museo, ofrecidas a los visitantes.

PARA MÁS INFORMACIÓN

El Aula Museo puede visitarse de lunes a viernes previa cita en la secretaría del Departamento (D^a Socorro Aranda Taboada; socorro@ugr.es, 958243203) o al coordinador del mismo (Dr. Francisco Javier Rodríguez Tovar; fjrtovar@ugr.es, 958242724).

Las fotos incluidas en este artículo han sido realizadas por Rafael Ruiz Ruia, Esther Cantal Navarro y Francisco J. Rodríguez-Tovar.

COLECCIÓN DE MUTANTES DE *Drosophila melanogaster* DEL DEPARTAMENTO DE GENÉTICA

Rafael Jiménez
Federico Zurita
María Nieves Escolano

EL CONTEXTO HISTÓRICO: *DROSOPHILA* EN LOS ALBORES DE LA GENÉTICA

Drosophila melanogaster es el nombre científico de la comunmente conocida como mosca de la fruta o mosca del vinagre. Este pequeño invertebrado, que no supera los 5 mm de longitud, ha sido utilizado por los científicos durante más de 100 años y se ha convertido en el organismo mejor conocido desde un punto de vista biológico. La pequeña mosca ha ayudado a generar buena parte de nuestro conocimiento actual sobre algunos de los fundamentos de la Genética Clásica, la Biología del Desarrollo, la Fisiología, las Neurociencias, la Biología del comportamiento, la Evolución, etc... Además, *Drosophila* es una herramienta clásica en las aulas y los laboratorios de prácticas de las universidades con más solera en la enseñanza de la Ciencia. No en vano, han sido 7 los Premios Nobel concedidos a investigadores que dedicaron y dedican su carrera científica a la experimentación con *Drosophila*. Estos fueron T.H. Morgan (1933), H.J. Muller (1946), E.B. Lewis (1995), E. Wieschaus (1995), C. Nüsslein-Volhard (1995), R. Axel (2004) y J.A. Hoffmann (2011). Tal como lo fue en el pasado, *Drosophila* seguirá siendo un pilar fundamental en las ciencias biológicas del futuro (Biología, Medicina, Veterinaria, Farmacia, Bioquímica, Biotecnología ...), proporcionando una poderosa herramienta para conseguir nuevos descubrimientos que nos ayuden a comprendernos mejor a los propios humanos así como al resto de las especies que nos rodean.

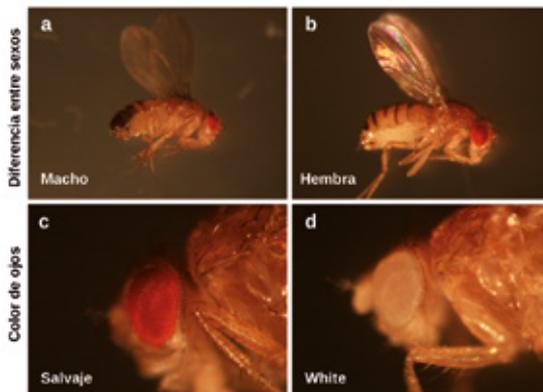


Fig. 1. Características morfológicas de los ejemplares silvestres y mutantes de *Drosophila melanogaster*. a-b) Diferencias entre sexos. Nótese el menor tamaño del macho (a) y su gran mancha negra en el extremo del abdomen, que no está presente en la hembra (b). c-d) Variaciones en el color de los ojos. En el tipo salvaje (c) los ojos son de color vino tinto, mientras que en el mutante white (d) son de color blanco.

La genética nació de hecho con los trabajos que Gregor Mendel realizó con guisantes y otras plantas a mediados del siglo XIX (Mendel, 1866), pero su primer gran impulso se produjo a principios del siglo XX, cuando varios investigadores desarrollaron buena parte de los conceptos fundamentales de la Genética de la transmisión, que actualmente conocemos como Genética Clásica. Uno de estos padres de la Genética fue sin duda Tomas Hunt Morgan, quien junto con sus estudiantes Calvin Bridges, Alfred Sturtevant y Hermann Muller, desarrolló sus estudios en la famosa “Fly room” (habitación de las moscas) de la Universidad de Columbia en Estados Unidos, un laboratorio rudimentario pero revolucionario para su época en el que cultivaron y usaron por primera vez la mosca de la fruta como modelo de investigación genética. Morgan y sus colaboradores criaron millones de moscas de la fruta con objeto de encontrar nuevos mutantes que les permitieran llevar a cabo sus estudios genéticos. En 1910 descubrieron una mosca de ojos blancos, a cuya mutación denominaron “white”, que al ser cruzada con las moscas de tipo silvestre (de ojos rojos) se mostraba como un carácter recesivo (Fig. 1). Tras comprobar que en determinados cruces de esta cepa, sólo los machos mostraban el carácter white, pudieron demostrar que el gen que lo causaba estaba localizado en el cromosoma X, de modo que los machos sólo tenían una única copia del mismo, mientras que las hembras tenían dos. Descubrieron así los genes ligados al sexo y sentaron las bases de uno de los paradigmas fundamentales de la Genética, la *Teoría Cromosómica de la Herencia*, según la cual los genes se encuentran localizados en los cromosomas. Del mismo modo, demostraron el fenómeno del ligamiento (los genes que se transmiten juntos por estar en el mismo cromosoma no satisfacen las proporciones mendelianas de la descendencia) y la recombinación genética. Todo este nuevo conocimiento quedó plasmado en el libro titulado “*The mechanisms of Mendelian heredity*” que fue publicado por estos cuatro insignes científicos en 1915 (Morgan et al., 1915). Por tanto, podemos decir que *Drosophila* ha acompañado al crecimiento de la Genética desde sus más tempranos inicios.

¿POR QUÉ UNA ESPECIE DE MOSCA?

Es probable que el lector no especializado en Genética se haya planteado ya la pregunta de ¿por qué se eligió una especie de mosca para acometer estas investigaciones? La evolución nos enseña que todos los seres vivos que habitan la Tierra tienen un mismo origen ancestral y que por ello comparten su esencia biológica: el mismo material hereditario, igual código genético, y los mismos mecanismos de expresión y regulación génica. Por tanto, podemos investigar otros animales para saber cómo somos los propios seres humanos, ya que el conocimiento obtenido estudiando moscas, ratones o conejos es en buena parte extrapolable a nuestra propia naturaleza humana. Es por ello que los investigadores han buscado siempre establecer nuevas especies que sirvan como modelo de estudio biológico, y existen varias poderosas razones por las cuales *Drosophila melanogaster* es una excelente especie modelo. Como los mamíferos, las moscas son organismos eucariotas (especies con células nucleadas) y, por tanto, son similares a nosotros, los mamíferos, en sus principales características biológicas. Así, por ejemplo, la mayor parte de lo que sabemos sobre los genes humanos que controlan el desarrollo embrionario y postnatal fue descubierto en *Drosophila*.

Dado su pequeño tamaño, resulta muy barato mantener miles de ejemplares de cientos de estirpes distintas en un mismo laboratorio que, por otra parte, no requiere de costosos equipamientos, pues basta con sencillos incubadores que permitan mantener los frascos de cultivo a temperatura constante. Además, dado su corto ciclo de vida (unos 10 días), se pueden hacer multitud de cruces en pocos meses, lo que acelera el ritmo de la investigación, y podemos analizar alrededor de 500 descendientes por cruce, lo que facilita la obtención de resultados muy fiables, dada su alta potencia estadística. Este hecho, junto con la posibilidad de manejar miles de cepas mutantes distintas, que hoy día están perfectamente aisladas y caracterizadas (Bächli, 2017), convierten a *Drosophila* en un organismo ideal para realizar estudios genéticos. Por último, al tratarse de una especie de insecto, la experimentación con *Drosophila* presenta muchas menos restricciones legales que, por ejemplo, el uso de ratones u otros mamíferos.

ORIGEN DE NUESTRA COLECCIÓN

La historia de nuestra colección de mutantes de *Drosophila* se remonta a finales de los años 60, cuando se creó la Sección de Ciencias Biológicas y el Departamento de Genética de la Universidad de Granada, coincidiendo con la llegada del profesor Amadeo Sañudo, que estrenaba su flamante plaza de Catedrático de Genética. La primera sede del Departamento y, por tanto, de la modesta colección de moscas, se ubicó en la antigua Facultad de Derecho, en la calle Duquesa de la capital Granadina. En el año 1973 se produjo la inauguración de la nueva Facultad de Ciencias en la Avenida Fuentenueva, a donde se trasladó el Departamento

de Genética, que quedó ubicado en la tercera planta del Edificio de Biología, emplazamiento que sigue manteniendo. No obstante, la colección de mutantes de *Drosophila* se encuentra actualmente en el laboratorio de citogenética, situado en la planta sótano del edificio del aula A. Resulta inexcusable mencionar aquí la figura de D. Sebastián Cuadros Plata, el entrañable técnico de laboratorio del Departamento de Genética, que formó parte del mismo desde su creación de la mano del profesor Sañudo, hasta su jubilación en Marzo de 2010. Fue Sebastián quien se encargó personalmente del mantenimiento diario de las moscas del Departamento durante más de 40 años, trabajo que realizó inicialmente de manera puramente artesanal. Los primeros frascos de cultivo que se usaron fueron pequeñas botellas de leche y el medio de cultivo era una papilla que Sebastián preparaba cada semana de forma puntual a base de harina de maíz y levadura. Luego llegaron los frascos diseñados específicamente para el cultivo de *Drosophila* y la papilla comercial liofilizada que se usa actualmente, que Sebastián terminó admitiendo a regañadientes. Tras su jubilación, estas tareas corrieron a cargo de D^a María del Carmen Hernández y posteriormente de D^a María Nieves Escolano, que es quien se encarga actualmente del mantenimiento de la colección.

CONTENIDO Y MANTENIMIENTO ACTUAL DE LA COLECCIÓN

Actualmente mantenemos cuatro cepas mutantes de *Drosophila melanogaster*: ebony (cuerpo de color negro), white (ojos de color blanco), yellow (cuerpo de color amarillo) y sepia (ojos de color sepia), además la cepa salvaje (no mutante) y una cepa de la especie *Drosophila virilis*, que es algo más grande que la especie melanogaster y permite por tanto una disección más fácil de las larvas en determinadas técnicas. Estas son las cepas que tradicionalmente hemos mantenido para su uso en prácticas de laboratorio y que han sido cedidas en varias ocasiones tanto a institutos de enseñanza secundaria, como al propio Parque de las Ciencias de Granada, que las tiene actualmente expuestas al público. Además mantenemos un número de cepas transgénicas de *D. melanogaster*, que están siendo usadas por el Dr. Zurita en su investigación sobre células madre. Estas cepas transgénicas son: yw; lf/CyO; hh-LexA/TM6B, lf/CyO; hh-Gal4/TM6B, yw, LexO-mC-D8:GFP; +/-; TM2/TM6B, w; UASp-Nod:GFP/CyO, UASst-CD4:spG-FP1-10/SM5, w; +/-; dpp-Gal4/ TM6B.

Los distintos tipos de colonias se mantienen en tres incubadores a una temperatura de 25°C (Fig. 2), con una humedad relativa del 75%, condiciones que determinan, que el ciclo biológico desde la puesta de los huevos hasta la formación del imago (adulto) tras la metamorfosis, dure unos diez días. Cada veinte días, aproximadamente, se renuevan los cultivos cambiando el sustrato de papilla nutritiva, ya que hay que evitar el crecimiento de moho. Utilizamos una papilla comercial liofilizada. Se trata de la fórmula 4-24 que suministra la empresa *Carolina Biological Supply Com-*



Fig. 2. Interior de uno de los incubadores que contienen los cultivos de *Drosophila*. Son viales cilíndricos de vidrio con un sustrato de papilla nutritiva y papel de filtro que sirve de soporte para las moscas.

pany. Está compuesta por una mezcla de distintas harinas (avena, soja, trigo) y de compuestos químicos como el carbonato cálcico, ácido cítrico, riboflavina, cloruro sódico, fosfato de sodio, azúcar, triamina, inhibidor de moho, etc. Para prepararla, se mezcla con agua destilada a partes iguales y se le añade una pizca de levadura. Para renovar el cultivo se toma un vial limpio, se le añade la comida (aproximadamente $\frac{1}{4}$ del vial) y se introduce papel de filtro plegado desde la base del vial hasta las $\frac{3}{4}$ partes del mismo. El papel de filtro absorbe el exceso de humedad de la papilla y proporciona un soporte para la pupación. Los viales se tapan con esponja o algodón que permite el paso de aire. Cada vial se etiqueta indicando la fecha de renovación y el tipo de cepa que contiene. Una vez que tenemos los nuevos viales preparados, se “siembran” con algunas moscas de los cultivos agotados, tomando las medidas oportunas para impedir contaminaciones entre cultivos, evitando así la pérdida de su identidad genética.

SU USO ACTUAL EN INVESTIGACIÓN

Por tratarse de una especie con reproducción sexual, en *Drosophila* existen machos y hembras con gónadas que producen los gametos o células reproductoras. Tanto los testículos como los ovarios están formados por células somáticas y por células germinales y de la interacción entre ambas depende la correcta formación de gametos, la consiguiente fecundación y la continuidad de la especie. Testículos y ovarios comparten rasgos estructurales y funcionales, lo que sugiere fuertemente un origen evolutivo común de ambas gónadas (Decotto & Spradling, 2005). La hembra de *Drosophila* posee dos ovarios localizados en el abdomen, formados por unas 16-21 estructuras alargadas denominadas ovariolas. En el extremo anterior de cada ovariola se encuentra una estructura denominada germario donde se localiza el “nicho”, que ofrece un microambiente celular especial en el que residen de 2 a 3 células troncales germinales (CTG). Cada gameto femenino (oocito) se origina en una de éstas CTG, que son células con capacidad de dividirse asimétricamente, de manera que una de las células hijas se mantiene como célula CTG, mientras la otra se diferencia y, tras cuatro rondas de división celular, origina 15 células “nodriza” y un oocito.

El Dr. Zurita está estudiando la interacción entre células somáticas y germinales en el ovario de *Drosophila* utilizando un sistema denominado Split-GFP. La proteína verde fluorescente (“*Green Fluorescent Protein*” o GFP) es una proteína aislada de una especie de medusa, que emite fluorescencia verde. Se han obtenido multitud de organismos transgénicos que expresan esta proteína: peces, ratones, monos y, por supuesto, también *Drosophila*. La Split-GFP es una técnica que se basa en el uso de dos fragmentos aislados de la GFP, denominados GFP1-10 y GFP11, que no emiten fluorescencia por separado, pero que sí lo hacen al entrar en contacto físico entre ellos (Ozawa, 2009). En nuestro departamento se utiliza esta técnica para localizar regiones de contacto funcional

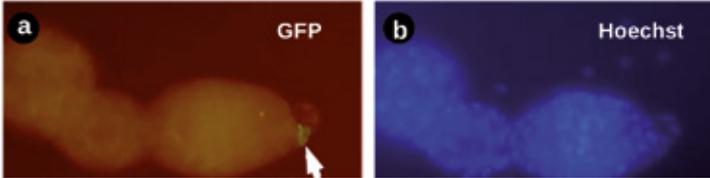


Fig. 3. Imágenes tomadas en un microscopio de fluorescencia que muestran ovarios de *Drosophila*. a) La flecha señala las células emitiendo fluorescencia verde debido a la actividad de la proteína GFP. b) La misma ovariola mostrada en azul (Hoechst) donde se ponen de manifiesto los núcleos celulares.

entre células somáticas y germinales en el ovario de *Drosophila* (Fig. 3). Para ello disponemos de cepas de moscas transgénicas que expresan el fragmento GFP 1-10 en células somáticas y otras cepas que expresan el fragmento GFP 11 en células germinales. De esta forma, al cruzar moscas de ambos tipos, los ovarios de las moscas descendientes emiten fluorescencia en las regiones de contacto, marcando así las zonas de comunicación funcional entre células somáticas y germinales.

BIBLIOGRAFÍA

Bächli, G. (2017). "TaxoDros: the database on taxonomy of Drosophilidae. En: (<http://www.taxodros.uzh.ch/>).

Decotto E and Spradling AC. (2005) The *Drosophila* ovarian and testis stem cell niches: similar somatic stem cells and signals. *Dev Cell*. 4,501-510.

Mendel, J. G., (1866). Versuche über Pflanzenhybriden. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr, 1865 *Abhandlungen*: 3-47.

Morgan, T.H. et al. (1915). *The mechanisms of Mendelian heredity*. New York: Holt and Company.

Ozawa, T. (2009) Protein Reconstitution Methods for Visualizing Biomolecular Function in Living Cells. *Yakuwaku Zasshi* 129 (3), 289-295.

COLECCIONES ZOOLOÓGICAS

Daniel Aguayo Becerra;
Pedro J. Sandoval Cortés;
Francisca Ruano Díaz;
Carmen Zamora-Muñoz;
Manuel Martín Fernández;
Felipe Pascual Torres y
Alberto Tinaut Ranera.

La colección zoológica se encuentra en el Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias y está dividida en dos secciones, la Colección Histórico-Didáctica y la Colección de Investigación.

LA COLECCIÓN HISTÓRICO-DIDÁCTICA

La fecha de origen de esta colección se desconoce y tenemos que remontarnos al año 1973 para saber el momento en el que pasa a depender del Departamento de Zoología. En este año se llevaron a cabo las gestiones entre el Rector de la Universidad de Granada y el Director de la Escuela de estudios Empresariales de la ciudad, en donde estuvo temporalmente depositada esta colección. Dichas conversaciones dieron como fruto su cesión, por parte de la última, al Departamento de Zoología de la Sección de Biológicas de esta Universidad de Granada (Camacho Muñoz, 1974)¹. Anteriormente, hasta 1953, esta colección se encontraba en las dependencias de la Facultad de Ciencias. En ese año, y como consecuencia de las obras de ampliación de dicha Facultad, esta colección hubo de emplazarse de forma provisional en los pasillos y otras dependencias. La visita inesperada del Ministro de Educación y Ciencia

preocupó al Decano, encontrando la solución en la sugerencia del profesor Cazenave, director de la Escuela de Comercio y Catedrático de Primeras Materias e Historia Natural, de que se trasladase temporalmente a dicho centro en donde permaneció hasta 1973 (Camacho Muñoz, 1974)¹.

Desde su nueva ubicación, en las dependencias del Departamento de Zoología, se realizó un esfuerzo importante por parte del profesor D. Ismael Camacho Muñoz, para acondicionar e identificar los ejemplares de la colección. Encontró especial dificultad en algunas especies exóticas, las cuales venían identificadas con un número que hacía referencia a un fichero que, desgraciadamente, no pudo ser localizado.

En conjunto, esta colección histórica cuenta con alrededor de 1250 taxones, aproximadamente 370 vertebrados y unos 870 invertebrados (15 poríferos, 30 cnidarios, 14 nematodos, 24 anélidos, 260 moluscos, 61 equinodermos, 450 artrópodos, 16 urocordados, 80 peces, 12 anfibios, 38 reptiles, 177 aves y 63 mamíferos) (figs. 1 y 2) entre los que se incluyen numerosas especies endémicas y raras de la península ibérica, norte de África, Australia y ambas américas, así como algunas especies ya extintas (Paloma migratoria americana: *Ectopistes migratorius*) o en peligro de extinción (el gato australiano: *Dasyurus sp*; fig.3), el Tirica (*Leopardus guttulus*) y el lince ibérico (*Lynx pardinus*). Esta colección está formada mayoritariamente por ejemplares en seco, aunque existe una gran cantidad de ejemplares conservados en alcohol o formol. También se localizan piezas óseas, algunos esqueletos, huevos de aves y nidos, así como diferentes representaciones de ciclos de vida de distintos animales presentados en alcohol, parte de los cuales se han ido incorporando con posterioridad.

Además de los animales existentes en esta colección, durante el año 2012 gracias al Proyecto de Innovación Docente 08-68 "Creación del Museo Virtual de Zoología"², Laura Pérez Zarcos puso en evidencia la autoría y el valor museístico de varias maquetas de Louis Thomas Jérôme Auzoux, fabricadas en papel maché a mediados del siglo XIX y que representan a un caracol (molusco, Pulmonata), a un insecto (Coleoptera), a un pez (Actinopterygii) y a un ave (Galliformes) con un gran valor museístico (fig. 4). El Dr. Auzoux comenzó con la fabricación de modelos anatómicos a principios de 1820 tras su paso por la Escuela de Medicina, en la que era encargado de la adquisición y mantenimiento de cadáveres para disección. Tras constatar la dificultad para adquirirlos y el alto coste que suponía su reproducción en modelos de cera, decidió comenzar la fabricación en papel maché de los modelos anatómicos, no sólo humanos, sino también veterinarios y botánicos. La empresa, iniciada por el Dr. Auzoux, perdura en Francia aunque lógicamente



Figura 1. Una de las vitrinas de invertebrados de la colección histórica situada en los pasillos del Departamento de Zoología. Fotografía de Laura Pérez Zarcos.



Figura 2. Algunas aves de la colección histórica. Fotografía de Isabel Rueda.



Figura 3. Gato australiano (*Dasyurus viverrinus*). Fotografía de Isabel Rueda.



Figura 4. Maqueta de caracol de Louis Thomas Jérôme Auzoux del siglo XIX. Fotografía de Pedro J. Sandoval.

¹ Camacho-Muñoz, I. (1974). Vertebrados existentes en colecciones y museos de Andalucía oriental. *Cuadernos Ciencias Biológicas* 3, 67-86.

³ Richwine, B. (2001). Jerome exposed: Treatment of a 19th century anatomical model. *Objects Specialty Group Postprints: Volume 8* - bcin.ca

² Proyecto de Innovación docente nº 08-68, Universidad de Granada.

los materiales de construcción han variado sensiblemente (Richwine, 2001)³. Sus maquetas se encuentran distribuidas por los mejores museos de todo el mundo siendo objeto de exposiciones exclusivamente dedicadas a ellas.

Referente a los modelos que obran en poder del Departamento de Zoología, dos de ellos han sido recientemente restaurados. De uno de los modelos (insecto escarabajo *Melolontha vulgaris*) se ha conservado un folleto explicativo original de 1857 (fig. 5), depositado en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias. En éste se detallan minuciosamente todas y cada una de las partes e incluso se dan instrucciones para su montaje y desmontaje (Auzoux, 1857)⁴. El otro modelo restaurado, el de molusco caracol, fue utilizado en docencia durante muchos años. En la actualidad esta valiosa pieza se encuentra expuesta en las vitrinas del Departamento de Zoología como parte de la colección histórica. Dicha maqueta y su descripción aparecen en la página web de Patrimonio de la Universidad de Granada (<http://patrimonio.ugr.es/obra-del-es/caracol-maqueta-dr-louis-thomas-jerome-auzoux/>). Una muestra de su uso didáctico puede ser consultada en el siguiente enlace: <https://youtu.be/XWXOLxMmYDQ>.

Además se cuenta con una colección de diapositivas en lámina de cristal de Radiguet & Massiot "Projections Molteni" (París) del siglo XIX, utilizadas antiguamente con fines docentes, y constituida por 5 cajas con algo más de 200 unidades (fig. 6).

El uso de esta colección histórica con fines didácticos viene desde su instalación en las actuales vitrinas del Departamento de Zoología, lo que coincide casi con el inicio de la Licenciatura de Biológicas de esta Universidad, en 1967. Ya a partir de la tercera promoción de la Licenciatura, los alumnos tuvieron a su disposición dicha colección como elemento fundamental en el desarrollo de las prácticas de diversas asignaturas impartidas a lo largo de este tiempo.

Con el fin de permitir a los alumnos la utilización de las colecciones históricas sin poner en riesgo su conservación, un grupo de profesores del Departamento (coordinados por Francisca Ruano Díaz, Alberto Tinaut Ranera y Carmen Zamora Muñoz), mediante el Proyecto de innovación docente nº 08-68, pusieron en marcha el Museo Virtual de Zoología de la Universidad de Granada (www.ugr.es/~zoologia/proyfrd/proyecto.html). A través de él se presentan 300 taxones correspondientes a los animales más comunes, principalmente de nuestra fauna, que constituyen el conocimiento básico sobre la diversidad animal para un biólogo.

Desde hace ya aproximadamente 15 años, el Departamento de



Figura 5. Folleto explicativo de la maqueta de un escarabajo (*Melolontha vulgaris* Fabricius, 1775), depositado en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias.



Figura 6. Caja de diapositivas en lámina de cristal Radiguet & Massiot "Projections Molteni" (París) del siglo XIX. Fotografía de Isabel Rueda.

⁴ Auzoux, L. (1857). Anatomie clastique du Dr. Auzoux. Tableau synoptique du Hanne-ton (*Melolontha vulgaris*). Paris.

Zoología colabora con distintos institutos, colegios y otros centros docentes, desempeñando labores de divulgación y fomentando la visita a la colección histórico-didáctica. De esta se encarga Manuel Martín Fernández, TGM del Departamento, quien acompaña a los grupos y explica todo lo relacionado con la colección. Un ejemplo de ello lo tenemos en las Jornadas de puertas abiertas del Departamento con motivo de la Semana de la Ciencia de las Universidades andaluzas (<http://semanacienciaugr.es/actividades-centros/45-principal/facultad-de-ciencias/2157-visita-colecciones-biologia-animal>).

LA COLECCIÓN CIENTÍFICA DE ZOOLOGÍA

La colección científica del Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada está integrada por el material procedente de numerosas campañas de recolección, trabajos de investigación (tesis, tesinas, proyectos, trabajos fin de grado), intercambios y donaciones que llevan realizando los grupos de investigación desde hace más de 40 años, lo que ha permitido acumular unos fondos de alrededor de 200.000 ejemplares, mayoritariamente invertebrados. Los ejemplares de las colecciones, conservados en seco o en alcohol, se almacenan en cajas de colección entomológicas o en botes y/o viales, preservados en estanterías y armarios metálicos de colección ubicados en el Departamento de Zoología en dos salas específicas, en algunos laboratorios y en algunos despachos de los responsables científicos (figs. 7 y 8). El estado de preservación, montaje, etiquetado y almacenamiento del material depende de cada colección.

El material conservado está clasificado según las distintas familias de los grupos animales a los que pertenecen y, en su mayor parte, identificado a nivel de especie por los especialistas. Cabe destacar que en estas colecciones se albergan más de un centenar de ejemplares Holotipo y Paratipos (ejemplares que han servido para la descripción de nuevas especies para la ciencia) y numerosas especies endémicas y raras de diversas partes del mundo.

Los ejemplares provienen principalmente del sur de la península ibérica, parajes, montañas y sierras de Andalucía, pero también de otras regiones peninsulares, junto con numerosas muestras del norte de África, así como, de muy diversas zonas del planeta: Mongolia, Kazajstán, Turquía, Perú, India, Venezuela... En el caso concreto del material procedente de Sierra Nevada y otras montañas de Andalucía, que constituyen un espacio privilegiado por su alta diversidad y por la notable cantidad de taxones endémicos y exclusivos, estas colecciones científicas pueden ser consideradas como colecciones de referencia (fig. 9).

Los especímenes más antiguos albergados en estas colecciones datan de los años 50 y 60, si bien la mayor parte se han ido incorporando desde la década de los 70 hasta la actualidad. Todos ellos



Figura 7. Vista de la sala 1 de colecciones entomológicas científicas en seco. Fotografía de Isabel Rueda.



Figura 8. Colección entomológica científica en alcohol. Fotografía de Isabel Rueda.



Figura 9. Caja con ejemplares de *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758) de diversa procedencia geográfica. Fotografía de Isabel Rueda.

contienen los datos de captura, geolocalización e identificación recogidos en etiquetas que acompañan a los ejemplares y registrados en una base de datos que cuenta ya con más de 20.000 registros.

A lo largo de los últimos años se está llevando a cabo un proceso de catalogación e informatización de todas las colecciones biológicas científicas⁵. Actualmente dichas colecciones están informatizadas al 35% lo que ayuda a su conservación y gestión, aumentando su visibilidad y valor y permitiendo el acceso universal a la información asociada a ellas. Las colecciones hasta ahora informatizadas, sus datos completos, metadatos, bibliografía asociada y disponible para consulta, imágenes, mapas de colección, personal encargado, etc., están disponibles en una plataforma científica de acceso libre de la Universidad de Granada denominada Centro de Colecciones de Ciencias Naturales (CCCN): <http://cccn.ugr.es/colecciones>. Siete colecciones de todas las presentes en el Departamento son visibles a través del CCCN, con un total de 13.416 registros.

Además, desde 2010, las colecciones científicas zoológicas forman parte de la red GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*), iniciativa mundial para la difusión e intercambio de bases de datos de biodiversidad y herramienta básica para el desarrollo científico de los países, contribuyendo significativamente a una mejor protección y uso de la biodiversidad del planeta. Son tres las colecciones entomológicas visibles online: Colección Formicidae (<http://datos.gbif.org/collectory/public/show/dr70?lang=es>), Colección Tenebrionidae del sureste de la península ibérica y Colección Scarabaeoidea del sureste de la península ibérica (<http://www.gbif.org/dataset/04c42f78-51bd-4d70-8cbf-ef16964d2f34> y <http://www.gbif.org/dataset/528e60ab-0b7d-4395-856a-581cc8b33b71>), gracias a dos proyectos concedidos por el Ministerio de Ciencia e Innovación al Departamento de Zoología de la UGR⁶ (fig. 10)

Los ejemplares que conforman estas colecciones zoológicas son material de trabajo esencial para los investigadores de la propia Universidad y para otros centros de investigación nacionales y extranjeros. Además se utilizan en actividades de comunicación y divulgación. Son, por tanto, de suma importancia, relevancia y valor como Patrimonio Científico Natural de la Universidad de Granada.

Listado de las colecciones zoológicas científicas:

Las colecciones se organizan taxonómicamente, cada una con su



Figura 10. Caja con ejemplares de Scarabaeoidea de la colección científica. Fotografía de Isabel Rueda.

⁵ Gracias al Programa Técnicos de Apoyo, Convocatoria 2010, Dirección General de Investigación y Gestión del Plan Nacional de I+D+i, Ministerio de Ciencia e Innovación y al Convenio entre la Universidad de Granada y la Caixa para la puesta en marcha del Centro de Colecciones de Ciencias Naturales de la Universidad de Granada y con cargo al Programa de Fortalecimiento de I +D. 2014.

⁶ Proyecto: EUI2008-03912 "Integración de la colección de insectos del Dpto. de Zoología (Universidad de Granada) en la Red GBIF". Programa Nacional de Internacionalización de la I+D, 2009. Ministerio de Ciencia e Innovación y Proyecto: CGL2011-15134-E "Integración de la colección de Coleoptera de la Universidad de Granada en la infraestructura mundial de información en biodiversidad (GBIF)".

código y numeración de catalogación propia. Dependiendo de las particularidades propias de cada colección, su fase de adecuación, reordenación, validación e informatización es variable. Las bases de datos asociadas a las colecciones, a día de hoy, contienen 20.147 registros correspondientes a 67.096 ejemplares informatizados.

1. Ephemeroptera. Responsable científico: Javier Alba-Tercedor. Colección en alcohol y preparaciones microscópicas. La colección incluye material procedente fundamentalmente del área mediterránea (península ibérica y Marruecos), así como representación de la mayor parte de especies europeas. Destacan las muestras de las series típicas de las especies descritas por el responsable de la colección de la península ibérica y Marruecos y paratipos de las especies descritas de Sudamérica, Norteamérica y Australia.

2. Plecoptera. Responsable científico: José Manuel Tierno de Figueroa. Colección en alcohol. Esta colección incluye unas 210 especies (más de 15.000 ejemplares), todos conservados en alcohol y procedentes fundamentalmente del área mediterránea (península ibérica, Italia, Grecia y Marruecos), norte de Europa (Noruega) y Cárpatos (Eslovaquia). Las pocas especies restantes proceden de América del norte y Sudamérica. Algunos ejemplares no contabilizados, y aún identificados sólo a nivel de género, provienen de Venezuela, Australia y Madagascar. Podemos encontrar ejemplares de la serie típica de 7 nuevas especies.

3. Orthopteroides. Responsable científico: Felipe Pascual Torres. Colección en seco. Es la colección más completa de ortópteros del sur de la península ibérica (parajes y sierras de las provincias de Granada y Almería principalmente) compuesta por más de 5.000 ejemplares de las principales familias: Tettigoniidae, Gryllidae, Oecanthidae, Tetrigidae, Pyrgomorphidae, Pamphagidae, Acrididae. También contiene ejemplares de los Ordenes: Dermaptera, Mantodea y Phasmatodea.

4. Trichoptera. Responsable científico: Carmen Zamora-Muñoz. Colección en alcohol. Colección muy numerosa de insectos acuáticos (principalmente del orden Trichoptera), de los que actualmente hay catalogados 224 ejemplares, donde se representa la biodiversidad de este grupo en la península ibérica, principalmente del sur: Sierra Nevada, Sierra de Castril, Sierra Almijara, Cazorla y Sierras de Málaga. Además se encuentran ejemplares del norte de África y Venezuela (provincia biogeográfica Pantepui). Los ejemplares que contiene la colección, en su mayoría, son material larvario. Podemos encontrar ejemplares de la serie típica de 13 nuevas especies de Trichoptera y 2 de Diptera (Empididae).

5. Scarabaeoidea y Tenebrionidae. Responsable científico: Francisco Sánchez Piñero. Colección en seco. El ámbito geográfico de la colección es el sureste de la península ibérica y consta aproximadamente de 8.100 ejemplares pertenecientes a 177 especies

de Scarabaeoidea (Coleoptera) y 1180 ejemplares pertenecientes a 57 especies de Tenebrionidae (Coleoptera). Todos los especímenes están conservados en seco y colectados en un período que va desde 1984 hasta la actualidad, perteneciendo la mayoría al período 1990-2000. El 96% de los registros de captura recogidos en la base de datos han sido georreferenciados y casi la totalidad de los ejemplares están determinados a nivel de especie por diversos especialistas. Podemos encontrar ejemplares de la serie típica de 1 nueva especie.

6. Coleoptera Acuáticos. Responsable científico: Carmen Elisa Sáinz-Cantero Caparrós. Colección en alcohol. La colección de coleópteros acuáticos incluye unas 213 especies (más de 18.300 ejemplares) procedentes de distintos puntos de la península ibérica e Islas Baleares, Marruecos y Eslovaquia (Cárpatos). Podemos encontrar ejemplares de la serie típica de 4 nuevas especies.

7. Formicidae y otros grupos: Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera (no Formicidae), Hemiptera, Neuroptera, Odonata, Raphidioptera, Diptera, Strepsiptera y otros Arthropoda no Insecta.

Responsable científico: Alberto Tinaut Ranera. Colección en seco, en alcohol y preparaciones microscópicas. La colección se compone de más de 55.000 ejemplares de insectos mayoritariamente, que fundamentalmente provienen de la península ibérica. Contiene la colección más completa y de referencia de la familia Formicidae (Hymenoptera) del sur de la Península (Sierra Nevada, Cazorla, Alfaguara, Tejada, Almijara, Ronda, Sierra Blanca, región del Estrecho de Gibraltar, Doñana, litoral mediterráneo). Además contiene ejemplares procedentes del norte de África: Marruecos; Asia: Mongolia, Kazajistán y Turquía y zonas tropicales: India y Perú. Podemos encontrar ejemplares de la serie típica de 24 nuevas especies.

8. Colección Rafael Yus (varios ordenes de Insecta). Responsable científico: Alberto Tinaut Ranera. Colección en seco. La colección alcanza más de 8.000 ejemplares de insectos en seco (Coleoptera y Lepidoptera fundamentalmente, pero también Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera y otros órdenes) del sur de la península ibérica y norte de Marruecos, mayoritariamente que habitan en las provincias de Granada, Málaga y Melilla. Los ejemplares fueron recolectados sobre todo en las décadas de los 70 y 80 y custodiados personalmente hasta el año 2013 por el investigador Dr. Rafael Yus Ramos. En abril del 2013 la donó a la Universidad de Granada y quedó integrada y conservada junto a las colecciones entomológicas del Departamento de Zoología en la Facultad de Ciencias. Podemos encontrar ejemplares de la serie típica de 1 nueva especie.

9. Ofidios. Responsable científico: Juan Manuel Pleguezuelos Gómez. Colección en alcohol. Esta colección está depositada temporalmente en el Parque de las Ciencias de Granada. Consta de 1.855 ejemplares de las familias Colubridae, Lamprophiidae y Viperidae, catalogados y documentados con fotografía de cada uno de los especímenes. Proceden en su mayoría de la comunidad de Anda-

lucía, principalmente localidades de las provincias de Granada, Almería y Jaén, así como representación de localidades de Murcia, Alicante, Ciudad Real, Badajoz, etc.

10. Colección del grupo de investigación de Agroecosistemas, Artrópodos del olivar. Responsable científico: Francisca Ruano Díaz. Colección en alcohol y en seco. Está formada por un gran número de muestras de artrópodos recogidos en olivares y vegetación aleada a estos, compuesta por especies plagas y también depredadores y parasitoides útiles para el control biológico de las plagas, así como organismos de otros gremios neutros. El material procede de los olivares del sur de España.

Algunos ejemplares singulares de las colecciones científicas:

La colección científica alberga material de suma relevancia para la comunidad científica mundial. En ella se custodian gran cantidad de series típicas (Holotipo y Paratipos) de nuevas especies de los distintos grupos entomológicos representados. Ejemplares Tipo de especies descritas por los investigadores responsables del Departamento de Zoología, como, por ejemplo, del orden Hymenoptera: *Cataglyphis humeya* Tinaut, 1990⁷, *Temnothorax pardoi* Tinaut, 1987⁸, *Rossomyrmex anatolicus* Tinaut, 2007⁹; del Orden Trichoptera: *Allogamus pohos* Oláh & Zamora-Muñoz 2014¹⁰, *Hydropsyche fontinalis* Zamora-Muñoz & González, 2002¹¹; del Orden Orthoptera: *Ctenodecticus granatensis* Pascual, 1978¹², *Chorthippus nevadensis* Pascual, 1978¹³; del Orden Coleoptera: *Aphodius (Melinopterus) dellacasai* Avila, 1986¹⁴, *Hydraena*

⁷ Tinaut, A. (1990). Situación taxonómica del género *Cataglyphis* Förster, 1850 en la península ibérica. III. El grupo de *C. velox* Santschi, 1929 y descripción de *Cataglyphis humeya* sp. n. (Hymenoptera, Formicidae). *EOS: Revista Española de Entomología*, 66 (2), 215: 227.

⁸ Tinaut, A. (1987). Descripción de *Leptothorax pardoi* nov. sp. (Hym. Formicidae). *EOS*, 63, 315: 320.

⁹ Tinaut, A. (2007). A new species of the genus *Rossomyrmex* Arnoldi, 1928 from Turkey (Hymenoptera, Formicidae). *Graellsia* 63 (1), 135: 142.

¹⁰ Oláh, J. et al. (2014). The genus *Allogamus* Schmid, 1955 (Trichoptera, Limnephilidae): revised by sexual selection-driven adaptive, non-neutral traits of the phallic organ. *Opuscula Zoologica*, 45(1): 33-82.

¹¹ Zamora-Muñoz, C. et al. (2002). *Hydropsyche fontinalis*, a New Species of the *instabilis*-Group from the Iberian Peninsula (Trichoptera, Hydropsychidae). *Aquatic Insects*, 24 (3): 189-197.

¹² Pascual, F. (1978). Descripción de una nueva especie de *Ctenodecticus* Bolívar, 1876, de Sierra Nevada, España (Orthoptera, Tettigoniidae, Decticinae). *Bulletin Zoologisch Museum*, 6 (14): 105-107.

¹³ Pascual, F. (1978) Descripción de una nueva especie de *Chorthippus* Fieber 1852 de Sierra Nevada, España. (Acrididae). *EOS*, 52: 159- 165.

¹⁴ Avila, J. M. (1986). *Aphodius (Melinopterus) dellacasai*, a new species from the south of the Iberian Peninsula (Coleoptera Aphodiidae). *Bollettino della Societa Entomologica Italiana*, 118 (4-7): 101-104.

¹⁵ Sáinz-Cantero, C. E. y Alba J. (1989). *Hydraena (Haenydra) tatii* sp.n. from Southern Spain (Coleoptera, Hydraenidae). *Aquatic Insects*, 11: 111-114.

¹⁶ Figueroa, J. M. Tierno de et al. (2011). On the identity of *Isoperla curta* (Plecoptera: Perlodidae): behavioural and molecular approaches show the existence of two separate species. *Zootaxa*, 3000: 49-58.

¹⁷ Alba, J y Zamora-Muñoz, C. (1993). Description of *Caenis nachoi* sp. n., with keys for the identification of the european species of the *Caenis macrura* group (Ephemeroptera: Caenidae). *Aquatic Insects*, 15 (4): 239-242.

tatii Sáinz-Cantero & Alba-Tercedor, 1989¹⁵; del Orden Plecoptera: *Iso-perla morenica* Tierno de Figueroa & Luzón-Ortega, 2011¹⁶, y del Orden Ephemeroptera: *Caenis nachoi* Alba-Tercedor & Zamora-Muñoz, 1993¹⁷.

Además están depositados en la colección bastantes ejemplares Tipo descritos por otros investigadores. Algunos ejemplos son: *Tetramorium parvioculum* Guillem & Bensusan, 2009 (Hymenoptera, Formicidae)¹⁸, *Philorhizus tinauti* Anichtchenko, 2005 (Coleoptera, Carabidae)¹⁹, *Wiedemannia horvati* Ivković & Sinclair, 2013 (Diptera, Empididae)²⁰.

Basados en el material depositado, el Centro de Colecciones de Ciencias Naturales pone a disposición de toda la sociedad un listado sistemático de las especies conocidas hasta la actualidad de la fauna entomológica presente en Sierra Nevada (http://cccn.ugr.es/coleccion-es/pdfs/listado_insectos_sn.pdf). En total unas 3.742 especies, de las cuales 143 son endémicas, y muchas de ellas están presentes en las colecciones del Departamento, por lo que pueden ser consultadas *in situ*. También están representadas especies que forman parte del Libro Rojo de Invertebrados de Andalucía y de los Altas y Libro Rojo de Invertebrados Amenazados de España, especies en “peligro crítico”, en “peligro” y “vulnerables”²².

PARA MÁS INFORMACIÓN

Estos fondos científicos albergados en el Departamento de Zoología están custodiados por los responsables científicos, que dirigen y asesoran los trabajos de investigación con la información en biodiversidad que se deriva de estas colecciones científicas, y por el personal técnico encargado de la gestión, conservación y digitalización. Para ponerse en contacto para consultas, visitas, intercambios, asesoramiento, etc., los datos son:

Departamento de Zoología Facultad de Ciencias

Campus Universitario de Fuentenueva s/n
18071 – Granada
Teléfono 958248590 <http://zoologia.ugr.es>

Responsables científicos:

Francisco Javier Alba Tercedor (jalba@ugr.es, 958244015)
Felipe Pascual Torres (fpascual@ugr.es, 958243237)
Juan Manuel Pleguezuelos Gómez (juanple@ugr.es, 958243082)

Francisca Ruano Díaz (fruanu@ugr.es, 958241000 ext. 20064)

Carmen Elisa Sáinz-Cantero Caparrós (celisa@ugr.es, 958243239)

Francisco Sánchez Piñero (fspinero@ugr.es, 958241000 ext. 20010)

José Manuel Tierno de Figueroa (jmtdef@ugr.es, 958241000 ext. 20099)

Alberto Tinaut Ranera (hormiga@ugr.es, 958243231)

Carmen Zamora Muñoz (czamora@ugr.es, 958241000 ext. 20028)

Titulado de Grado Medio:

Manuel Martín Fernández (mmartinf@ugr.es, 958249853)

Técnicos de Colecciones:

Daniel Aguayo Becerra (daguayo@ugr.es, 958245141)

Pedro José Sandoval Cortés (psandoval@ugr.es, 958245141)

¹⁸ Guillem, R. y Bensusan, K. (2009). *Tetramorium parvioculum* sp. n. (Formicidae: Myrmicinae), a new species of the T. simillimum group from Gibraltar. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 45: 157–161.

¹⁹ Anichtchenko, A. (2005). Especies nuevas y poco conocidas de *Philorhizus* Hope, 1838 (Coleoptera, Carabidae) de España. *Boletín de la Sociedad Aragonesa Entomológica*, 12: 46–50.

²⁰ Ivkovic, M. et al. (2014). Aquatic Empididae (Diptera: Hemerodromiinae and Clinoceri-

nae) of the Sierra Nevada, Spain, with the description of five new species. *Zootaxa*, 3786 (5): 541–556.

²¹ Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía. (2008). 4 Tomos. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 1430 pp.

²² Verdú, J. R. y Galante, E. (eds). (2006). Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados de España. Dirección general para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 411 pp.

EL MUSEO DE MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE MINERALOGÍA Y PETROLOGÍA

Nicolás Velilla
Giuseppe Cultrone

ORIGEN Y DESARROLLO DE LA COLECCIÓN

La colección actual tiene su origen en la que se adquirió a finales del siglo XIX en Alemania para el Gabinete de Mineralogía de la Universidad de Granada y comprendía unos trescientos ejemplares incluyendo minerales, rocas y carbones. Actualmente se conserva buena parte del material inicial, aunque con importantes pérdidas a causa de la desatención durante muchos años y de los diversos traslados que ha sufrido. Se ubicó inicialmente en el edificio central de la Universidad, en la actual Facultad de Derecho, y en 1950 pasó a un edificio anexo, situado en la calle Duquesa, donde se instaló la antigua Facultad de Ciencias. Finalmente, en 1970, coincidiendo con el traslado de los estudios de Ciencias Geológicas y el antiguo Departamento de Cristalografía y Mineralogía, pasó a la nueva Facultad de Ciencias en el Campus Universitario de Fuentenueva. Tras la creación de la sección de Geología y la dotación de la cátedra de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnica, en los años sesenta, la colección recibió un fuerte impulso y desde entonces se ha acrecentado gracias a las donaciones, especialmente de miembros y alumnos del Departamento.

mento, y con algunas aportaciones institucionales, ya que no ha gozado de un presupuesto estable para su crecimiento y mantenimiento. Actualmente, la colección está compuesta por más de 3.700 ejemplares caracterizados y catalogados, de los cuales unos 1.400 se encuentran en la exposición (fig.1). El resto lo forman las colecciones de prácticas para los alumnos y el fondo de reserva. En total, unas setecientas especies y variedades de minerales están representadas, con procedencia de prácticamente de todo el mundo.



Figura 1. Vista general del museo de minerales.

EXPOSICIÓN

La colección está concebida con fines docentes e investigadores y se expone en un total de veintiuna vitrinas, localizadas en el pasillo central de la segunda planta del Departamento de Mineralogía y Petrología. Para su visita, es recomendable comenzar por la vitrina de carácter didáctico general referente a los sistemas cristalinos, hábito de los minerales, agregados cristalinos y maclas.

La mayor parte de la exposición está dedicada a la colección sistemática de especies minerales que se recoge a lo largo de trece vitrinas. Se encuentra ordenada según la clasificación mineralógica de Strunz, con algunas modificaciones para facilitar su seguimiento, y atiende las recomendaciones de nomenclatura de la Asociación Internacional de Mineralogía (IMA).

A continuación de la colección sistemática, en dos vitrinas contiguas, se muestra la riqueza mineral de la Provincia de Granada, dividida en minerales silicatados y no silicatados. Granada es una de las provincias españolas de mayor diversidad mineralógica y una buena muestra de la misma está aquí representada.

La última sección de la exposición está enfocada a los yacimientos minerales, habida cuenta de la importancia que estos tienen en la

formación de los titulados en Geología. Cuatro vitrinas se dedican a yacimientos de Andalucía y provincias limítrofes con similar contexto geológico, y la última vitrina de la exposición recoge una interesante colección de asociaciones minerales del famoso distrito minero de Tsumeb (Namibia), que fue donada por la empresa explotadora Tsumcorp Mine.

En concordancia con los objetivos de la colección se expone, a continuación, una breve guía con información básica que centra la atención del visitante en aquellas especies de mayor interés, aunque sin olvidar aspectos estéticos o de uso. Se ha considerado importante incluir las fórmulas de los minerales, algo fundamental en este caso, ya que no están recogidas en el etiquetado de los ejemplares.

ELEMENTOS NATIVOS

Los minerales pertenecientes a la clase de Elementos Nativos se caracterizan por estar compuestos por átomos de un solo elemento químico. La mayoría son metales (oro, plata, cobre, etc.), pero también semimetales (arsénico, antimonio, bismuto, etc.) y no metales (azufre, diamante, etc.). Además, se incluyen aleaciones, como es el caso del **Electro** que está compuesto por oro y plata. En la vitrina expuesta destaca una muestra de **Azufre** (S) con cristales de hábito bipiramidal o prisma rómbico y típico color amarillo procedente de Agrigento (Italia) (fig. 2). El principal uso industrial de este mineral es en la fabricación de ácidos sulfúrico y sulfhídrico. Es de interés observar la forma arborescente del **Cobre** (Cu), el hábito reticulado de la **Plata** (Ag) de Méjico o el octaédrico del pequeño cristal de **Diamante** (C) angoleño. La muestra de **Oro** (Au) procedente de Australia es muy representativa de su asociación común con cuarzo. El **Hierro** (Fe) es un caso particular, ya que siendo uno de los metales más abundantes y usado por el hombre desde la Prehistoria (Edad del Hierro), es muy raro encontrarlo nativo en la corteza terrestre y la mayoría de las muestras que lo contienen corresponden a meteoritos (véanse los dos procedentes de Méjico).



Figura 2. Azufre (Agrigento, Sicilia).

SULFUROS Y SULFOSALES

Esta es una de las clases minerales con mayor interés industrial ya que de sus minerales se extraen muchos metales y otros elementos químicos. La mayoría presenta brillo metálico. Llama a la atención el conjunto de muestras de **Pirita** (FeS_2) que cristalizan con diferentes hábitos (cúbico, octaédrico, pentagonododecaédrico), unas como cristales aislados y otras en matriz, siendo entre los cristales más apreciados para colección los procedentes de La Rioja y de Perú. De este mineral se beneficia el azufre y, cuando incluye cantidades apreciables, también oro y cobre. Otro sulfuro bien cristalizado es la **Galena** (PbS), de color gris plomo y con forma de cubo, como ocurre en la pieza procedente de Missouri, o cubo-octaedro, como en la muestra de Huancavelica (Perú), donde está asociada a **Rejalgar** (AsS). Es prácticamente la única mena de plomo. Unos yacimientos importantes desde la antigüedad han sido los de Linares de los que han salido piezas muy cotizadas. También debe citarse el **Cinabrio** (HgS), explotado desde el tiempo de los Romanos en Almadén (Ciudad Real), con aspecto masivo y color rojo, como mena más importante de mercurio y la **Calcopirita** (CuFeS_2) que es el principal mineral de cobre. Muy atractivos son los cristales aciculares con intenso brillo metálico de **Antimonita** (Sb_2S_3) de Maramures (Rumanía) (fig. 3), los de color miel de **Esfalerita** (ZnS) de los Pirineos, la **Lollingita** (FeAs_2) de Mongolia y una interesante pieza de **Pirrotina** (Fe_7S_8) de La Unión (Murcia). Las **sulfosales** son sulfuros complejos de composición muy variada entre los que destacan por su interés la serie **Tetraedrita-Tennantita**, $\text{Cu}_{12}(\text{Sb,As})_4\text{S}_{13}$, y el ejemplar de **Bournonita** (CuPbSbS_3) de Cerro Pasco (Perú).



Figura 3. Antimonita (Maramures, Rumanía).

ÓXIDOS E HIDRÓXIDOS

Son muy numerosos los minerales pertenecientes a esta clase debido a la extraordinaria reactividad del oxígeno con diferentes elementos químicos. En el caso de los hidróxidos el oxígeno está sustituido por el anión hidroxilo OH. En la colección se muestran

ejemplares notables de **Hematites** (Fe_2O_3) de color gris acero, brillo metálico y hábito tabular (Isla de Elba, Italia), botroidal (Cumberland, Reino Unido) (fig. 4) o de color rojo sangre (de ahí su nombre) de Benalúa de las Villas. Es la mena más importante de Fe y se emplea también como pigmento (ocre rojo). De **Casiterita** (SnO_2) hay dos muestras con hábito prismático, color casi negro y típica macla en pico de estaño que son muy estéticas, sobre todo la procedente de China donde aparece con extraordinario brillo y asociada con moscovita. La casiterita es la mena principal de estaño. Muy interesantes son las muestras prismáticas pseudo hexagonales de **Corindón** (Al_2O_3), que incluyen las variedades roja del rubí (India) y azul del zafiro (Ilmen, Rusia). También es llamativa una muestra de **Magnetita** (FeFe_2O_4) de Burguillos del Cerro (Badajoz) por el tamaño de sus cristales. En cuanto a los **hidróxidos**, destaca una placa de cristales cúbicos de pirita que han sido reemplazados por limonita (una mezcla de óxidos/hidróxidos de hierro hidratada), pero preservando su hábito original (pseudomorfosis). Otra pieza interesante es una **Goethita**, $\text{FeO}(\text{OH})$, de color negro con hábito estalactítico procedente de Río Tinto (Huelva).



Figura 4. Hematites (Cumberland, Reino Unido).

HALUROS

Esta clase de minerales la integran relativamente pocas especies importantes, como puede apreciarse en la vitrina que los alberga. Sin embargo, es destacable la cantidad y calidad de los ejemplares expuestos de fluorita y halita. Ambos minerales son cúbicos, con brillo vítreo y cristalizan en forma de cubo y, en el caso de la fluorita, también como octaedro. Se presentan una veintena de **Fluoritas** (CaF_2), destacando las procedentes de Asturias. Los cristales tienen color variado (incoloro, amarillo, verde, morado, incluso en una misma muestra) debido a defectos en su red cristalina denominados centros de color. La fluorita se usa principalmente para obtener ácido fluorhídrico y como fundente en la producción del acero. La **Halita** o sal gema (NaCl) es incolora o blanca, aunque a

veces exhibe un bandeado azul. Casi la totalidad de este mineral se forma por precipitación, junto a otras sales como **Silvita** (KCl) o **Carnalita** ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), en depósitos evaporíticos relacionados con cuencas marinas que han quedado aisladas. Aparte de la industria alimentaria, tiene utilidad para obtener HCl y compuestos de sodio. También debe mencionarse, entre otros haluros expuestos, la **Creedita**, $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_2\text{F}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

CARBONATOS, NITRATOS Y BORATOS

De estos tres grupos de minerales, los carbonatos son los más abundantes, con especies como calcita y dolomita entre las más comunes en la corteza terrestre. Se caracterizan por la presencia del ion CO_3 en su fórmula química. La **Calcita** (CaCO_3) es trigonal y cristaliza con diferentes hábitos, siendo los más comunes como romboedros y escalenoedros. Suele ser transparente o blanca, pero adquiere diferentes tonalidades cuando incluye otros elementos (ej. rosa en **Cobaltocalcita**, $(\text{Ca},\text{Co})\text{CO}_3$). En cristales transparentes de calcita (conocidos como espato de Islandia) puede apreciarse, dada su magnitud, el efecto óptico de la birrefringencia. La **Dolomita**, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, tiene características muy similares a muchas calcitas y de ella se muestran bonitos cristales como los de Eugui (Navarra). Calcita y dolomita son los constituyentes principales de rocas calizas y dolomías, respectivamente, y de mármoles. Estos minerales, tras calcinación, se utilizan en la preparación de la cal. Otros carbonatos trigonales que merecen la atención son la **Rodocrosita** (MnCO_3) de Perú, con color rojo y los romboedros marrones de **Siderita** (FeCO_3) limonitizada de Sierra Nevada. Como carbonatos de simetría rómbica cabe citar los cristales con brillo adamantino de **Cerusita** (PbCO_3) procedentes de Marruecos y los prismáticos pseudo hexagonales de **Aragonito** (CaCO_3) de Minglanilla y Molina de Aragón. Finalmente, resaltar un par de muestras de la verde **Malaquita**, $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$, una fibrosa de Marruecos (fig. 5) y otra con morfología botroidal del Congo.



Figura 5. Malaquita (Khenifra, Marruecos)

SULFATOS, CROMATOS, MOLIBDATOS, WOLFRAMATOS

Es una clase heterogénea en la que predomina el ion SO_4 en los sulfatos, CrO_4 en los cromatos, MoO_4 en los molibdatos y WO_4 en los wolframatos. Los sulfatos son los más importantes, destacando por número, belleza y tamaño de los cristales expuestos tres especies: yeso, barita y celestina. El **Yeso** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un mineral incoloro bastante común que aparece maclado en muchos casos. Entre las muestras expuestas resaltamos la de Fuentes de Ebro (Zaragoza) (fig. 6) y la rosa del desierto procedente de Argelia. La **Barita** (BaSO_4) presenta hábito prismático tabular y color blanco, siendo notables las de La Unión (Murcia). Este denso mineral se utiliza especialmente como lodo en sondeos. La **Celestina** (SrSO_4), nombrada así por su color, es la principal fuente de estroncio y de ella existen buenos cristales procedentes de Jaén. Respecto a los restantes minerales de esta clase, cabe citar el vistoso cromato **Crocoita** (PbCrO_4), de intenso color rojo, la **Wulfenita** (PbMoO_4) de Marruecos y la **Scheelita** (CaWO_4), como principal exponente y mena de wolframio.



Figura 6. Yeso (Fuentes de Ebro, Zaragoza).

FOSFATOS, ARSENIATOS, VANADATOS

En los fosfatos el grupo mineral más importante, económicamente y por ser un accesorio común en rocas, es el del **Apatito**, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,OH,Cl})$. De él se exponen diferentes ejemplares con hábito hexagonal, claramente desarrollado en las muestras de Panasqueira (Portugal) e Imilchil (Marruecos). Otro fosfato primario destacable es la **Monacita**, $(\text{Ce,L a,Th})\text{PO}_4$, como principal fuente de torio y, dentro de los de origen secundario, la **Piromorfita**, $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, con su llamativo color verde. Los arseniatos son muy numerosos como minerales secundarios en la naturaleza. Entre ellos destacamos aquí los ejemplares de **Eritrina**, $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ y de **Roselita**, $\text{Ca}_2\text{Co}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ambos de Marruecos. Finalmente, entre los vanadatos la principal especie es la **Vanadinita**, $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$, fuente de vanadio, con varios ejemplares muy estéticos procedentes de Marruecos (fig. 7).



Figura 7. Vanadinita (Mibladen, Marruecos).

SILICATOS

Los minerales silicatados constituyen más del 90% de la corteza terrestre y requieren consideración especial. El número de especies supera las 1300. Entre tanta variedad es lógico que existan espectaculares cristales para colección y como gemas, pero no debe perderse la perspectiva de que estos minerales son los principales “constructores de rocas” y que generalmente se presentan con tamaño pequeño y aspecto poco vistoso. Por tanto, la descripción que se hace a continuación tiene un enfoque más generalista y adaptado a la realidad de las rocas. La clasificación general de los silicatos en subclases se establece de acuerdo con criterios estructurales, según se configuran las unidades de tetraedros Si-O que forman el núcleo básico de su estructura.

La subclase de los **nesosilicatos** (ortosilicatos) incluye a minerales muy importantes que tienen estructuras con tetraedros Si-O independientes. El nombre de **Olivino**, $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$, se aplica a las composiciones intermedias de una serie continua entre **Forsterita** (Mg) y **Fayalita** (Fe) pertenecientes al sistema rómbico. Su color característico es verde oliva (de ahí su nombre), que varía según la proporción de Fe. Su hábito más común es granular pero se encuentran cristales prismáticos bien formados en rocas volcánicas. Es un mineral esencial en rocas ígneas máficas y ultramáficas, y uno de los principales constituyentes del manto terrestre y de meteoritos condriticos. El grupo del **Granate** tiene una fórmula general $(\text{Fe,Mg,Ca,Mn})_3(\text{Al,Fe,Cr})_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ e incluye numerosas especies que se diferencian según los elementos dominantes. Las más representativas son *almandino* (con Fe y Al), *espesartina* (Mn-Al), *piropo* (Mg-Al), *grosularia* (Ca-Al), *andradita* (Ca-Fe) y *uvarovita* (Ca-Cr). Estas y algunas más están representadas en la exposición. Aquí podrá observarse el desarrollo de su forma más característica de rombododecaedro y las grandes variaciones de color relacionadas con la composición. Muchos de estos granates constituyen

apreciadas gemas. Su variación composicional permite que se formen en muy diversos tipos de rocas. El **Zircón** (ZrSiO_4) es un típico mineral accesorio en muchos tipos de rocas. Concentra el Zr de la roca y también cantidades significativas de Hf. Es el principal mineral utilizado para la determinación de edad absoluta de las rocas. Los silicatos de aluminio de fórmula Al_2SiO_5 forman tres diferentes estructuras (polimorfos) correspondientes a las especies **Andalucita** (rómbica), **Cianita** (triclínica) y **Sillimanita** (rómbica), todas importantes en rocas metamórficas. De la primera pueden observarse cristales con típica distribución de inclusiones grafitosas en cruz y cristales prismáticos, la cianita con hermosos cristales prismáticos alargados de inconfundible azul zonal y la sillimanita con su hábito más común en masas fibrosas. Otro notable mineral metamórfico es la **Estaurolita**, $\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}_4\text{O}_{23}(\text{OH})$, que se muestra en cristales prismáticos con macla de penetración en cruz. También debe citarse el **Topacio** ($\text{Al}_2\text{SiO}_4\text{F}_2$), de menor significación petrológica, pero importante gema.

La subclase de los **Sorosilicatos** incluye a los silicatos con estructura basada en parejas de tetraedros Si-O. Dentro de ellos, el grupo más importante son las epidotas, que aparecen como minerales accesorios en diversas rocas ígneas y metamórficas, y tienen fórmula general $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe,Mn})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$. La más común, que da nombre al grupo, es la especie **Epidota** (rica en Fe) que cristaliza con formas prismáticas monoclinicas y un característico color verde pistacho. Las epidotas aluminicas (**Clinozoisita y Zoisita**) y la **Vesuvianita**, $\text{Ca}_{19}(\text{Al,Mg})_{13}\text{Si}_{18}\text{O}_{68}(\text{OH})_{10}$, un típico mineral de rocas metamórficas/metasomáticas carbonatadas, completan los sorosilicatos macroscópicamente más interesantes.

Los **ciclosilicatos** son la subclase silicatada menos numerosa, en la que solo hay unos pocos minerales con significación petrológica (turmalina, berilo, cordierita). El grupo de la **Turmalina** comprende a borosilicatos de fórmula compleja más común $\text{Na}(\text{Mg,Fe,Al,Li})_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$ que pertenecen al sistema trigonal. Son frecuentes sus cristales prismáticos alargados, bien terminados y de notable tamaño. La turmalina rica en Fe, **Chorlo**, de color negro es la especie más común. Es un mineral característico de pegmatitas graníticas y un accesorio habitual en rocas ígneas félsicas y metamórficas. La rica en Mg, **Dravita**, es de color marrón y está asociada a metamorfismo de rocas carbonatadas. Sin duda, la turmalina de litio, **Elbaita**, es uno de los minerales y gemas más espectaculares de la naturaleza por su gran variedad cromática, zonación de color y perfección de los cristales (variedades rubellita, verdelita, indicolita, etc.). Es típica de pegmatitas. Las propiedades ópticas, piezoeléctricas y piroeléctricas de las turmalinas son utilizables como sensores de presión y en aplicaciones electrónicas y ópticas. El **Berilo** ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) cristaliza en prismas hexagonales, estriados verticalmente, de color blanco-amarillento. La inclusión de pequeñas cantidades de elementos cromóforos en sustitución del aluminio origina variedades coloreadas como las que exponen: esmeralda (con Cr-V), aguamarina (celeste) y heliodoro (amarillo), ambos con Fe, y morganita (rosada, con Mn). Las gemas de berilo,

en particular la esmeralda, se encuentran entre las más caras, junto al diamante y las del corindón. El berilo es la principal fuente de berilio, utilizado en aleaciones especiales por la rigidez y ligereza que confiere. Su principal yacimiento es en pegmatitas graníticas, aunque las esmeraldas se localizan en rocas metamórficas y filones hidrotermales.

La subclase de los **Inosilicatos** comprende a silicatos cuya estructura está formada por cadenas de tetraedros Si-O. En esta subclase se incluyen dos grandes grupos estructurales: los piroxenos constituidos por cadenas simples de tetraedros y los anfíboles, donde las cadenas son dobles. En los piroxenos debe de considerarse una fórmula general XYZ_2O_6 , donde Z representa principalmente Si, Y está ocupado por Al, Mg y Fe, y la posición X por Na, Ca, Li, Mn, Fe y Mg. La simetría de los cristales puede ser rómbica o monoclinica y el hábito es prismático corto. Los piroxenos rómbicos son de composición ferro-magnesiana y tienen en la **Enstatita**, $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$, su especie más representativa. Presentan, a diferencia de los demás piroxenos, una coloración en tonos marrones o bronceados. Dentro de los piroxenos monoclinicos los más abundantes son los cálcicos como la **Augita**, $(Ca,Mg,Fe)_2Si_2O_6$, de color negro o muy oscuro, que es un mineral esencial en rocas ígneas máficas como basaltos y gabros, y el **Diópsido** $(CaMgSi_2O_6)$, de color variable entre blanco, amarillento o verde, que se forma principalmente en procesos de metamorfismo/metasomatismo de contacto. Otros piroxenos interesantes son la **Jadeita** $(NaAlSi_2O_6)$, principal componente del jade asociado a rocas metamórficas de alta presión y la **Espodumena** $(LiAlSi_2O_6)$, que se encuentra en pegmatitas graníticas ricas en litio y es fuente de este elemento. Ambos son gemas en algunos casos.

El grupo de los anfíboles tiene muchas características estructurales, composicionales y propiedades físicas análogas a los piroxenos. También cristalizan en los sistemas rómbico y monoclinico. La complejidad química de los anfíboles es enorme, su esquema de clasificación muy complejo y su asignación segura a una determinada especie requiere un análisis químico preciso con técnicas modernas. Se han definido actualmente unas 120 especies diferentes, formadas en diversos tipos de rocas ígneas (principalmente intermedias) y metamórficas de variadas condiciones de presión y temperatura. Los anfíboles desarrollan cristales de hábito prismático más alargado que los piroxenos e, incluso, fibroso y muestran colores muy variables en función de la composición química, desde el blanco al negro, pasando por marrón, gris, verde y azulado. Se recomienda centrar la atención por su representatividad, dentro del material expuesto, en ejemplares de **Antofilita**, $Mg_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$, **Hornblenda**, $(Ca,Na)_{2-3}(Mg,Fe,Al)_5(Al,Si)_8O_{22}(OH,F)_2$, **Tremolita** $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$ y **Actinolita**, $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$. Además de los anfíboles, destacan en la vitrina los ejemplares de **Prehnita**, $Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2$, un inosilicato de estructura transicional a filosilicato.

Los **filosilicatos** son los silicatos con estructura basada en capas de tetraedros Si-O que comparten tres de sus vértices en un plano. Esto se refleja en un marcado hábito laminar como característica más llamativa. Esta subclase incluye minerales de gran importancia en las rocas. Es el caso de las micas, de las que se exhiben grandes cristales de **Moscovita** $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$, **Biotita** $K(Mg,Fe)_3Si_3Al-IO_{10}(OH)_2$ y **Lepidolita** $K(Li,Al)_3Si_3AlO_{10}(OH)_2$. Otros filosilicatos bien conocidos y representados son el **Talco** $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$, por su color y dureza, y el grupo de la **Serpentina**, $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$, con polimorfos laminares y fibrosos que forman una de las principales rocas ornamentales (serpentinitas). Aunque es un mineral poco común, destaca por su vistosidad la **Cavansita** $(CaVO_4)_n \cdot 4H_2O$ de India (fig. 8). Un grupo de filosilicatos de gran importancia geológica e industrial lo constituyen los minerales de la arcilla que, debido a su tamaño cristalino (inferior a unas pocas micras), se presentan en masas terrosas. Entre estos minerales destacan la **Caolinita**, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, y el grupo de las **Esmectitas** (aluminosilicatos hidratados con Mg, Fe, Na o Ca).



Figura 8. Cavansita (Bombay, India).

La última parte de la exposición está dedicada a los **Tectosilicatos**, cuya estructura se basa en un edificio tridimensional de tetraedros que comparten todos sus vértices. Los minerales de esta subclase suponen aproximadamente 2/3 del volumen de la corteza terrestre y en ella se incluyen los minerales de la sílice y las familias de los feldespatos, feldespatoides y zeolitas. Debido a su importancia y variedad, a los minerales de la sílice se dedica una vitrina exclusivamente. Su fórmula es SiO_2 y cristalizan, según la presión y temperatura, como diferentes polimorfos. Entre ellos destaca por su gran abundancia el **Cuarzo** (sistema trigonal). Muchos ejemplares ilustran sobre sus variedades morfológicas y cromáticas en cristales de buen tamaño (amatista, citrino, ahumado, cristal de roca, etc.). Las variedades en agregados microcristalinos de cuarzo granular

(formando sílex o jaspe) y fibroso (calcedonia, en bandeados de ágata u ónice) están muy bien representadas, algunas pulidas para realzar su estructura y belleza. También se muestran buenas muestras de **Ópalo**, ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), una forma de sílice hidratada amorfa de baja temperatura, muy apreciado como gema.

La familia de los **feldespatos** es la más abundante en la corteza terrestre y se encuentra en casi todos los tipos de rocas ígneas, y en muchos tipos de rocas sedimentarias y metamórficas. Composicionalmente se dividen en dos series: los feldespatos alcalinos y las plagioclasas. En los primeros se encuentran los tres polimorfos de composición KAlSi_3O_8 : **Sanidina** (monoclínico), **Ortoclasa** (monoclínico) y **Microclina** (triclínico). De ellos se exponen diversos ejemplares de hábito prismático y tonos blanquecino-rosados, algunos exhibiendo sus maclas características. La microclina se muestra, además, en intercrecimientos perfiticos y en su variedad verde-azulada denominada amazonita. Las **plagioclasas** (sistema triclínico) forman la serie composicional continua más conocida de todos los minerales, entre un extremo sódico, **Albita** ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y otro cálcico, **Anortita** ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Los rasgos macroscópicos (hábito prismático-tabular, exfoliación, maclas, color) son comunes a toda la serie. Los **feldespatoides**, como su nombre sugiere, tienen muchas características similares a los feldespatos, pero son minerales deficitarios en sílice, por lo que se forman principalmente en rocas ígneas ricas en álcalis y pobres en sílice. Hay una buena representación de ellos, entre los que resaltamos **Leucita** (KSi_2AlO_6), **Nefelina** (NaAlSiO_4), **Sodalita** ($\text{Na}_4\text{Si}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$) y la apreciada **Lazurita** ($\text{Na}_3\text{CaSi}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}\text{S}$) (lapislázuli). Finalmente, se encuentra la amplia familia de las **zeolitas** que comprende casi un centenar de especies naturales, muchas de ellas con importantes aplicaciones derivadas de su particular estructura con nanoporos. Son aluminosilicatos hidratados con Ca y Na que se forman en diversos ambientes geológicos de relativamente baja temperatura. Aunque muchas son de tamaño microcristalino, otras desarrollan cristales macroscópicos de morfología muy variada y de gran belleza que son muy populares en las colecciones de minerales.

PARA MÁS INFORMACIÓN

Profesor encargado del Museo: Dr. Giuseppe Cultrone

Fotografías: Eduardo Molina

Visitas: El museo permanece abierto para visitas individuales o en grupo muy pequeño durante el periodo de actividad académica y en horario normal de permanencia del profesorado del Departamento (mañana y tarde). Para visitas de grupos mayores es necesario solicitar permiso a la Dirección del Departamento

Información y contactos: <http://www.ugr.es/~minpet/> o programaeducativo@ugr.es

EL MUSEO DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA

Francisco Javier Martínez Garzón,
Francisco José Martín Peinado,
Manuel Sierra Aragón, Ángel Iriarte
Mayo, Irene Ortíz Bernal, Emilia
Fernández Ondoño y Carlos
Dorronsoro Fernández

INTRODUCCIÓN

La edafología se define como la ciencia que estudia el suelo desde múltiples puntos de vista: su morfología, composición, propiedades, formación y evolución, taxonomía, distribución, utilidad, recuperación y conservación. El estudio del sistema suelo se presenta como un concepto holístico donde las propiedades de éste no pueden ser consideradas aisladamente, sino como un *todo* integrado en el paisaje que, en definitiva, interviene de forma decisiva en el comportamiento y funcionamiento de los ecosistemas terrestres. Esta visión del estudio del suelo, en su entorno natural,

es imprescindible en el aprendizaje de la edafología pero debe ser contextualizada en el desarrollo de la guía de descripción de perfiles, de manera que se adquieran conocimientos sobre: identificación y localización del suelo en el paisaje, recopilación de información acerca del lugar de muestreo y del suelo en concreto, técnicas de muestreo de suelos, delimitación de horizontes y descripción de cada horizonte (FAO 1977).

Otro objetivo del trabajo de campo sería el reconocimiento de suelos en el paisaje, pero ésta faceta presenta múltiples dificultades desde el punto de vista didáctico. Resulta utópico que un alumno pueda visionar numerosas tipologías de suelos que se ubican en zonas situadas en lugares muy distantes, donde los factores formadores difieren sustancialmente del entorno natural cercano o posible de visitar. Por ello, han sido numerosos los intentos que, desde los años 50 del siglo pasado se han realizado, para extraer suelos, transportarlos al laboratorio, analizarlos y exponerlos en un museo (Smith y Moodie, 1947; Jager y Schellekens, 1963; Van Baren y Bomer, 1979).

ANTECEDENTES

Los museos de suelos en el mundo no son demasiado abundantes, aunque se pueden encontrar muy buenos ejemplos, muchos de ellos asociados a universidades o centros de investigación. Entre los más destacados podemos citar a los siguientes: “Dokuchaev central soil museum”, en San Petersburgo (Rusia); “World soil museum”, en el International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen (Países Bajos); “Soil museum”, en Bangkok (Tailandia); “BSWM soil museum”, en Manila (Filipinas).

Igualmente abundan cada vez más el número de museos de ciencias naturales que incorporan exhibiciones de suelos como es el caso del famoso “Natural History Museum” de Londres o el no menos conocido “Smithsonian Institution National Museum of Natural History” NMNH, de Washington (EEUU).

Lamentablemente en España apenas si existen museos de suelos. En un principio, allá por los años 80 del siglo pasado hubo importantes intentos de realizar exposiciones de suelos siendo pioneros los realizados por parte de los cartógrafos del CSIC, concretamente en el antiguo Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal de Madrid y posteriormente en la Estación Experimental del Zaidín en Granada. En el CSIC de Madrid, Alcalá del Olmo y sus colaboradores montaron una colección de monolitos en grandes cajas de madera según el modelo propuesto por Kubiena (1952), que conservaban su estructura natural pero al carecer de un fijador/estabilizador la colección se fue deteriorando con el tiempo y llegó a desaparecer. Hoy día sólo existe una selección de micro-monolitos reconstruidos a escala reducida de unos 10 x 25 cm depositados en la biblioteca del ahora renombrado Instituto de Ciencias Agrarias del CSIC de Madrid.

Actualmente, en algunas universidades españolas se está poten-

ciendo la creación de colecciones de monolitos de suelos, como es el caso, de Murcia y de Santiago de Compostela. El museo de suelos de la Universidad de Santiago ocupa una sala del museo de ciencias naturales y consta de una espectacular reproducción de un pedón y un conjunto de pósters con información relacionada. Recientemente, la Universidad de Murcia, por iniciativa del Prof. Ortiz Silla, ha inaugurado un museo de suelos con una reconstrucción de un suelo en un pedón, y varios monolitos de suelos tomados con la técnica de Barahona e Iriarte (1999).

HISTORIA DEL MUSEO DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

En el CSIC de Granada, los doctores E. Barahona y A. Iriarte desarrollaron una técnica de obtención de monolitos que permite extraer un monolito de suelo de un tamaño considerable (unos 30 o 40 cm de ancho por 100 a 130 cm de alto) conservando su estructura natural imperturbada. El procedimiento se basa en excavar, aislando, un bloque del suelo (conteniendo todos sus horizontes) y adherirlo con escayola a una placa de madera para



Figura 1. Técnica de obtención de monolitos según Barahona e Iriarte.

darle consistencia, según se resume en la figura 1. Esta técnica fue publicada por los autores en la revista *Geoderma* en 1999 y no solo tratan de la extracción de monolitos de suelos en campo, sino también su posterior estabilización en la sala de exposición. Años más tarde, Barahona e Iriarte cedieron una parte importante de su colección de monolitos al Museo de Suelos del Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

Por aquella época, en Salamanca, F. Santos y C. Dorronsoro aplicaron la técnica de Barahona e Iriarte, con modificaciones, a unos suelos salmantinos. Estos monolitos acabaron en Granada y, junto con los ejemplares cedidos por el CSIC, fueron el germen del actual museo de suelos que se encuentra ubicado en las instalaciones del Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Facultad de Ciencias. Posteriormente y siguiendo con la misma técnica, el Departamento de Edafología de Granada, sigue aumentando la colección, incorporando nuevos ejemplares de suelos representativos de diversas localidades de nuestro territorio.

LOCALIZACIÓN Y ESTRUCTURA DEL MUSEO

El Museo de Suelos del Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada consta actualmente de 26 monolitos y de una sección de muestras de visu de constituyentes y rasgos edáficos significativos (figura 2).



Figura 2. Selección de monolitos y muestras de visu del Museo de Suelos del Departamento de Edafología de la Universidad de Granada.

Los monolitos son de un tamaño de 40 cm de ancho por 120/150 cm de alto y unos 10 cm de fondo. Se presentan con su correspondiente infografía, montados en unos paneles de madera y protegidos por una urna de cristal o metacrilato. Representan a algunas de las clases de suelos más frecuentes en España: Acrisoles, Calcisoles, Cambisoles, Fluvisoles, Histosoles, Kastanozems, Leptosoles, Luvisoles, Podzoles, Regosoles y Umbrisoles.

Se ubican en las instalaciones del Departamento de Edafología y Química Agrícola situado en la Facultad de Ciencias y se distribuyen por diferentes estancias (figura 3): vitrina del pasillo de entrada al Departamento, hall de entrada, aula de informática Prof. Dorronsoro y aula de cartografía Prof. Aguilar

Al encontrarse este museo en un departamento universitario está muy ligado a la docencia, por lo que se puede decir que es un museo vivo que resulta ser tremendamente eficaz para contrastar de una manera práctica lo que los profesores explican en las clases magistrales.

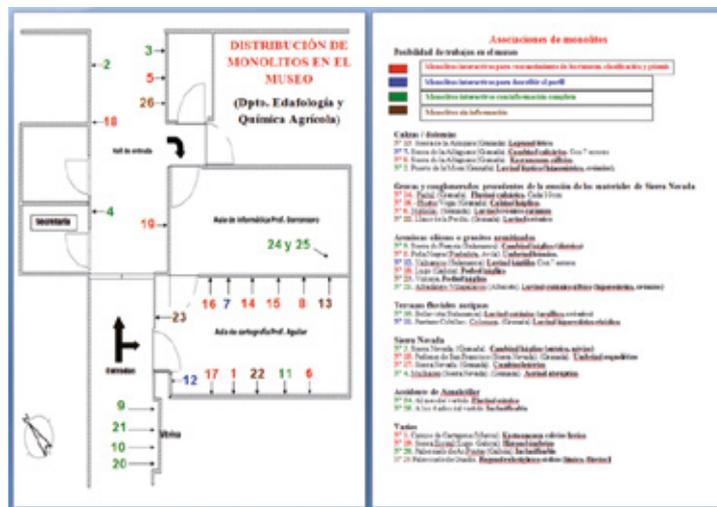


Figura 3. Plano de localización de monolitos en el Departamento de la Facultad de Ciencias y esquema de las posibilidades de uso de los monolitos.

El museo se estructura con los siguientes recursos didácticos:

a) Colección de infografías: Se ha dotado al museo de 4 colecciones de infografías (pósters explicativos interactivos), realizadas en PVC-5mm de 140 x 110 cm colgadas en las paredes del museo. La primera se compone de ocho paneles que ilustran el desastre ecológico de Aznalcóllar, según los siguientes aspectos: 1. El accidente; 2. La contaminación; 3. La remediación; 4. El resultado final; 5. La no intervención: Alteración; 6. La no intervención: Neoformación; 7. La no intervención: Contaminación y 8. Resumen (figura 4). La segunda está compuesta de seis paneles que informan sobre las etapas de formación y degradación de un suelo modal, la tercera se compone de tres infografías dedicadas a los procesos genéticos del suelo y sus factores de formación. Por último, la cuarta versa sobre recuperación de suelos contaminados, en concreto hace referencia a la recuperación del entorno de las minas de As Pontes, Galicia (figura 11).

b) Monolitos de suelos: Son en total 26. Unos monolitos ofrecen una información completa (características ambientales, macro y micromorfología, propiedades, constituyentes, procesos y evaluación; figuras 6 y 11), mientras que otros son de carácter interactivo, ya que presentan lagunas de información para que esta pueda ser deducida directamente por el visitante (figura 7). En este grupo, los hay específicos para enseñar a describir el perfil



Figura 4. Ejemplo de monolitos con infografías. Encima póster de evolución de los suelos contaminados de Aznalcóllar en PVC-5mm.

(figura 8), o para aprender el reconocimiento de los horizontes, clasificación y génesis; en este sentido, unos presentan muestreos sistemáticos cada 10 cm, en otros las tablas de datos no presentan la simbología de los horizontes (figura 9), o incluso aparecen los datos desordenados, o con errores, para incentivar el razonamiento de una forma didáctica (figura 10).

c) Muestras de visu: El museo se complementa con una colección de muestras de visu de horizontes, propiedades y rasgos edáficos (figura 5). Estas muestras hacen todavía más interactivo el museo, ya que permite tocar muestras reales de suelos y se llama la atención sobre aspectos puntuales de interés.



Figura 5. Muestras de visu de horizontes, propiedades y rasgos.

d) Audioguías: Para favorecer que el visitante pueda realizar la visita de una forma autónoma e independiente, se pone a disposición de los visitantes un sistema de audioguías, que pueden descargar a sus smartphones desde la web del Departamento o puede usar los reproductores de mp3 de que dispone el Departamento para su uso (Martinez, 2013). La idea surgió para que los estudiantes pudieran hacer un recorrido práctico, autónomo y adaptado a su capacidad y tiempo libre, que complemente los conocimientos teóricos adquiridos, todo ello siguiendo la nueva estructura docente marcada en el Plan Bolonia. En este sentido

existe una colección de 26 audioguías específicas para cada uno de los monolitos disponibles y otras 14 que se denominan “temáticas” y que se realizan de acuerdo con los contenidos docentes de las diferentes asignaturas que se imparten en los nuevos planes de estudios.

El gran rendimiento que se está obteniendo en la enseñanza de la edafología en Granada con su museo de suelos ha llevado a montar un museo de suelos virtual, colgando unos archivos con posters de alta resolución y sustituyendo el monolito por su foto. Los profesores interesados de otras universidades o instituciones pueden imprimir los poster y así tener una versión de este museo, casi con las mismas prestaciones docentes (http://www.ugr.es/~edafolo/museo_ciencias.php). Para aquellos que sólo deseen utilizar estos recursos en sus clases magistrales se dispone igualmente de los archivos a baja resolución.

PIEZAS MÁS REPRESENTATIVAS DEL MUSEO

Monolito 10. Suelo que ocupa una terraza fluvial del río Tormes y que forma parte de una cronosecuencia de suelos que está estudiada y representada en el poster situado por encima del monolito (figura 6)

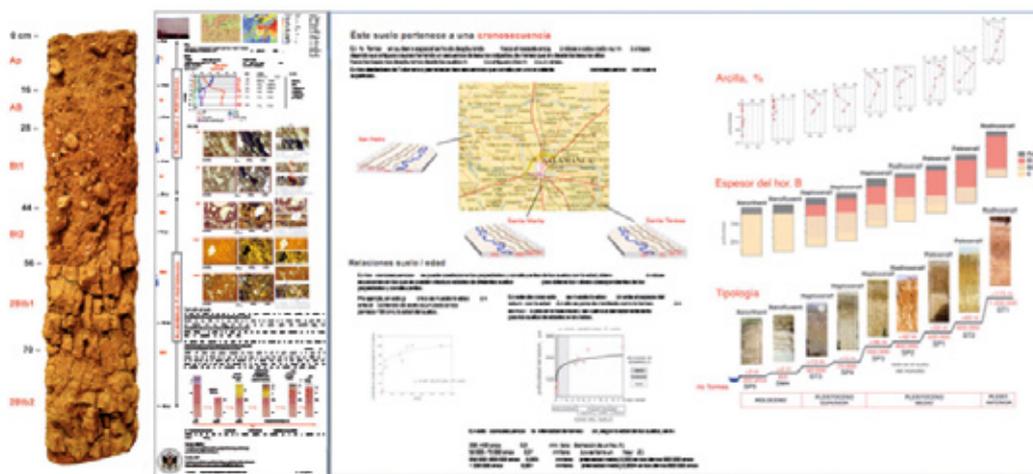


Figura 6. Monolito n° 10. Ejemplo de monolito con información completa.

Se trata de un espectacular perfil donde se puede observar un corte muy llamativo en la morfología del monolito, en torno a los 56 cm de profundidad. De aquí hacia arriba se observan horizontes ricos en gravas y de aquí hacia abajo horizontes subsuperficiales con estructuras prismáticas, muy arcillosos y sin gravas. Los estudios realizados permiten afirmar que estos horizontes subsuperficiales representa los restos del suelo primitivo que existía en la zona, que fue decapitado por la llegada del río Tormes. El río, a su vez, trajo nuevos materiales que se depositaron encima quedando el primitivo suelo enterrado cuando el río modificó su cauce. Los nuevos materiales, con el tiempo y las condiciones am-

bientales imperantes, se edafizaron también y formaron el suelo que se observa desde los 56 cm hacia la superficie.

No solo es un paleosuelo el de abajo (suelo enterrado), sino que también lo es el de arriba (suelo relicto) ya que los horizontes superiores se edafizaron hace muchos miles de años (400.000 aproximadamente), bajo un clima muy diferente del actual. Por tanto, el paleosuelo enterrado tiene que ser todavía mucho más antiguo.

Monolito 1. Este suelo se ha formado en un ambiente climático húmedo y cálido, donde ha desarrollado un potente horizonte orgánico bien humificado. Se trata de un suelo curioso, ya que evoluciona a partir de una roca volcánica sin carbonatos (traquita) y sin embargo se forma un horizonte cálcico Ck por alteración de las plagioclasas (figura 7).

Además, en este ambiente se desencadena la meteorización química de los minerales cuyo resultado es la formación de un horizonte Bw (cámbico), que posteriormente evoluciona hacia un horizonte árgico. El CO₂ producido por la actividad biológica en el horizonte orgánico y/o por fijación de la atmosfera y/o por alteración de las plagioclasas, motiva la aparición del proceso químico de carbonatación, cuyo resultado es el horizonte cálcico Ck

Este suelo se ha formado en unas condiciones climáticas que hoy día no se dan en la zona de donde procede este suelo (Cartagena, Murcia). Por tanto es un testigo de condiciones ambientales que se dieron en otra época y de la importancia que tienen los suelos como sumidero de CO₂

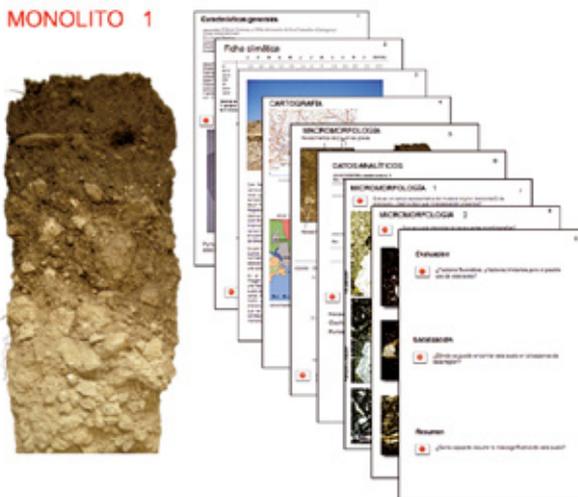


Figura 7. Monolito 1. Ejemplo de monolito interactivo en el que la información se va adquiriendo a través de preguntas.

Monolito 12. Se trata de un suelo clasificado como Luvisol. Evolu-

ción sobre areniscas y desarrolla una secuencia de horizontes de tipo Ah, E, y varios horizontes Bt (figura 8).

El proceso que da origen al suelo es la eluviación-iluviación (lavado-acumulación) de arcillas como consecuencia de un clima muy contrastado. En este suelo la materia orgánica es escasa, acumulándose en los primeros 5 cm. Para que la arcilla se iluvie es necesario que se disperse, y esto es posible si previamente ocurre la mineralización de la materia orgánica y la decarbonatación del horizonte superficial.

Dos son los detalles importantes que diferencia este suelo de otros que presentan iluviación de arcilla. Uno la magnífica estructura prismática de los horizontes arcillosos y otra la existencia de lamelas de iluviación de arcilla en el horizonte inferior, aproximadamente por debajo de los 75 cm de profundidad. Estas son un conjunto de finas láminas bandeadas de arcilla iluvial que aparecen dentro de una regolita no consolidada.

Por último decir que este suelo presenta numerosas infografías y está pensado para que siguiendo la numeración de las mismas el visitante aprenda a describir un suelo según los criterios de la FAO.

Figura 8. Monolito 12. Ejemplo de monolito interactivo para enseñar a describir el perfil y el reconocimiento de los horizontes.



Monolito 18. Suelo muy curioso y especialmente llamativo. Fue tomado en Lugo, por tanto en un ambiente húmedo y frío y su material original son areniscas (figura 9).

Si nos fijamos en el monolito y en la infografía que le acompaña veremos dos características que saltan a la vista; el color de los horizontes y su distribución. Efectivamente aparecen colores muy oscuros en superficie hasta los 3/9cm y en algunas zonas subsuperficiales, entre los 25cm y 50 aproximadamente, intercalados con manchas pardo rojizas. Entre 9 y 25 cm aparece un horizonte color

gris y a partir de los 60 cm de profundidad el material original.

Esos colores oscuros junto con las estructuras granulares o migajosas, nos están indicando la presencia de materia orgánica. Normalmente, los horizontes con mayor contenido en materia orgánica son los superficiales, pero en éste caso, este constituyente se distribuye de forma irregular.

En la infografía se puede observar que el carbono orgánico es abundante en superficie, disminuye en el segundo horizonte y nuevamente se incrementa de forma considerable en el horizonte siguiente. Es lógico que la materia orgánica se acumule en superficie, que es donde se aporta. Sin embargo, en este tipo específico de suelo, la materia orgánica sufre un proceso de eluviación, consistente en un lavado desde los horizontes superficiales, y un proceso de iluviación o concentración de sustancias en un horizonte más profundo. La solubilidad de la materia orgánica es posible por la formación de quelatos, que son complejos de materia orgánica con óxidos de hierro y aluminio. Al horizonte eluvial, el que pierde materia orgánica y óxidos de Fe y Al, se le denomina horizonte E. Los horizontes E han perdido varios constituyentes, por lo que suelen ser blancos o de colores muy claros, con poca materia orgánica, de textura arenosa y estructuras muy poco desarrolladas. El horizonte de iluviación es el que se ha enriquecido con materia orgánica, color oscuro, y óxidos de Fe y Al, color pardo rojizo.



Figura 9. Monolito 18. Ejemplo de monolito interactivo para el reconocimiento de los horizontes, clasificación y génesis.

En este suelo la secuencia de procesos genéticos ocurre de la siguiente forma: Primero se da la formación del horizonte orgánico, luego se iluvian las arcillas, si el suelo tiene pH alrededor de la neutralidad y se forma el horizonte Bt, que aparece a partir de los

60 cm de profundidad. A partir de aquí el suelo se va acidificando, se destruyen las arcillas que quedan en superficie y se iluvia la materia orgánica junto a los óxidos, proceso conocido como podsolización y se forman los horizontes Bh y Bhs.

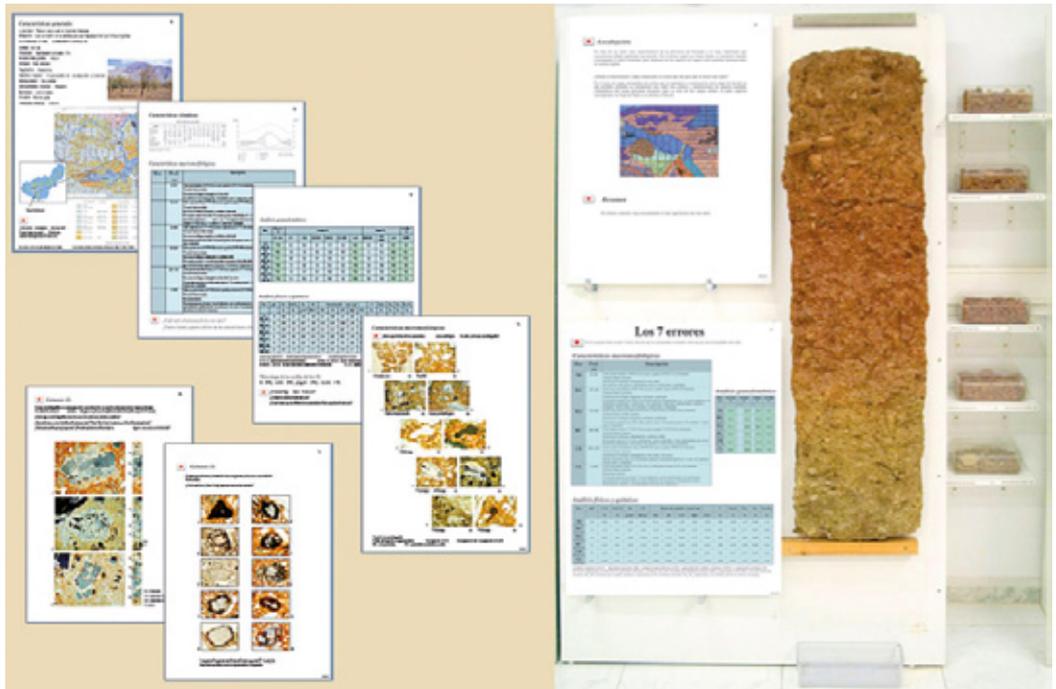
Monolito 6. Este monolito representa un suelo evolucionado a partir de un conglomerado de micasquistos y cuarcitas. Se pone de manifiesto en este suelo cómo desde el horizonte C al B se va produciendo un progresivo enrojecimiento. El color rojo se adquiere al actuar los procesos edáficos de alteración y, como se puede observar, no es heredado de la roca (figura 10). Es un suelo muy interesante por sus alteraciones minerales, la alteración de los granates, y el proceso de recarbonatación secundaria.

Los minerales del material original son: micas, cuarzo, plagioclasas, granates y clorita entre otros. Sin embargo, la mineralogía de las arcillas del horizonte Bt está formada básicamente por illita, caolinita, paragonita y esmectita. Estos minerales se producen tras la meteorización química y se han acumulado en el horizonte Bt por un proceso de iluviación. Para que la arcilla se iluvie es necesario que se disperse, y esto solo es posible si previamente ocurre la mineralización de la materia orgánica y la decarbonatación del horizonte. Si tiene curiosidad por este proceso puede leer la información que aparece en el poster situado encima de estos monolitos. Por tanto, para que este proceso ocurra es necesaria la presencia de agua y en consecuencia se dará si en la zona se producen precipitaciones elevadas (climas húmedos).

Otro proceso es la alteración de los granates que anteriormente comentamos y que proceden del material original, se trata de silicatos de hierro ferroso, muy abundantes en las rocas metamórficas. En las condiciones edáficas se alteran, liberándose hierro que en el ambiente oxidante de estos suelos se oxida a hierro férrico que no es soluble y precipita directamente sobre la superficie del grano de granate dando acumulaciones de hematites de color rojo; por tanto, para que esto ocurra se necesitan también períodos secos y cálidos.

Por último los carbonatos del horizonte C, que hacen catalogarlo como Ck, se presentan recubriendo las gravas por su parte inferior, lo que es indicativo de movilización por lavado. Se trata por tanto de carbonatos de origen secundario. En resumen este suelo, como otros del museo de similares características (Monolitos 4, 10, 11, 20 y 21), se consideran como paleosuelos o suelos formado en un antiguo paisaje y en unas condiciones climáticas muy distintas a las actuales.

Este suelo presenta numerosas infografías y está pensado para que siguiendo la numeración de las mismas el visitante aprenda a identificar la génesis de un suelo apoyándose en técnicas analíticas, macro y micromorfológicas



Monolito 20. Este monolito es un paleosuelo, que se desarrolló hace unos 25 millones de años, y que se ha conservado enterrado a más de 100 m de profundidad. El suelo se localiza en la mina de carbón asociada a la central térmica que ENDESA disponía en As Pontes, La Coruña. La mina era de una envergadura colosal, alcanzando el hueco de la corta más de 500 m de profundidad y 2.2 km de ancho. En la actualidad, ya ha sido rehabilitada, como puede apreciar en las fotos de la parte superior del monolito, formando un lago (figura 11).

Figura 10. Monolito 6. Ejemplo de monolito interactivo para el reconocimiento de los horizontes, clasificación y génesis. Incluye la actividad de búsqueda de "Los 7 errores".

Las excavaciones realizadas para la extracción del carbón, nos han permitido identificar numerosas secuencias de paleosuelos enterrados a diferentes profundidades. Éstas secuencias evidencian la alternancia de capas de carbón (lignito) separadas por capas de sedimentos de diferentes texturas, considerados estériles por la minería. Pero, ¿qué nos indican esas secuencias de paleosuelos y esa alternancia de de capas? Pues bien, esas alternancias nos permiten identificar cambios en las condiciones paleoclimáticas a lo largo del tiempo que condicionan épocas muy húmedas, en las que se daban nuevos aportes de materiales erosionados que se depositaban el fondo de la cuenca, enterrando a los suelos preexistentes. A estos periodos húmedos, también conocidos como periodos de Resistaxia, donde dominan los procesos erosivos y el enterramiento y fosilización de los suelos, le siguen periodos conocidos como de Biostaxia, menos húmedos y con una estación seca muy marcada, en los que se favorece la formación de nuevos suelos a partir de los sedimentos que enterraron los suelos preexistentes.



La alternancia de los ciclos de edafogénesis, o formación de suelo, y fosilización se ha sucedido a lo largo de millones de años de evolución de la cuenca permitiendo la formación de los lignitos, que son los que tienen interés desde el punto de vista minero. La identificación de cada uno de estos ciclos se puede observar por los rasgos edáficos macromorfológicos, como son las secuencias de horizontes de distinto color que se van repitiendo en cada ciclo. En el monolito podemos observar en la parte superior, hasta los 37 cm de profundidad, los horizontes inferiores de uno de los ciclos antes mencionados, y a partir de ahí, desde los 28 cm, empieza otro ciclo anterior en el tiempo, que conserva el suelo completo hasta los más de 100 cm que tiene el monolito.

Figura 11. Monolito 20. Ejemplo de monolito con información completa e infografía sobre la rehabilitación de los suelos de la mina de As-Pontes (Galicia).

Durante el periodo biotáxico, menos húmedo y con una estación seca, se dan los procesos edáficos que, condicionados por un ambiente hidromorfo, es decir con periodos de tiempo considerables donde los suelos estaban saturados total o parcialmente de agua, dan lugar a suelos del tipo Histosol y Gleisol. Estos suelos tenían horizontes superficiales muy ricos en materia orgánica (H, Hísticos o A, mólicos o úmbricos) que, posteriormente fueron fosilizados por aportes recibidos durante periodos más húmedos y torrenciales. Estos corresponden con el horizonte 2Ahg que puede apreciar en el monolito, entre los 28 y los 67 cm, de color claramente más oscuro. Dentro del mismo ciclo edafogénético, se forma un horizonte Bwg, con un grado de evolución bajo debido a que posiblemente los periodos de saturación en agua del suelo por un nivel freático oscilante fueron más o menos largos. Las manchas rojizas que aparecen en el perfil corresponden a la precipitación

de formas oxidadas de hierro, que más que de origen edáfico, parecen proceder de la precipitación del hierro solubilizado por las aguas ácidas de la mina, al actuar sobre minerales alterables a pH ácidos.

Finalmente destacar la presencia de raíces fosilizadas en el horizonte 2Cg, donde también se aprecian intercaladas zonas rojizas con otras más pardas que evidencian los procesos de oxidación y reducción del hierro por movimientos del nivel freático durante el periodo de biostaxia.

PARA MÁS INFORMACIÓN

El Museo Virtual de Suelos se encuentra disponible en las siguientes direcciones web: http://www.ugr.es/~edafolo/museo_ciencias.php y <http://www.edafologia.net>

REFERENCIAS WEB

Dokuchaev central soil museum de San Petersburgo
(<http://www.russianmuseums.info/W615>)

Museum to showcase soil diversity in Kerala (India)
(http://www.kfri.res.in/soil_museum.asp)

International Soil Reference and Information
Centre, Wageningen
(<http://wsm.isric.org/>)

Natural History Museum de Londres
(<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/training/short-courses/rock-to-soil/index.html>)

Soils Museum in Bangkok, Thailand
(<http://www.soil.gd.cn/waswc/MUSEUMS/Soils%20Museum%20in%20Bangkok,%20Thailand%20080611aa.pdf>)

Smithsonian Institution National Museum of Natural
History NMNH de Washington
(<http://forces.si.edu/soils/index.html>).

BSWM Soil Museum de Manila
(<http://www.soil.gd.cn/waswc/MUSEUMS/BSWM%20Soil%20Museum%20in%20Manila%20090524.pdf>)

Museo virtual del Departamento de Edafología y
Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad de
Granada
(http://www.ugr.es/~edafolo/museo_ciencias.php)

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia)
(http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/AreasEstrategicas!ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hHT3d_Jy-dDRwN3t0BXA0_vUKMwf28PlwMzE_2CbEdFAP-sOM0s!/?WCM_PORTLET=PC_7_AIGOB1A08FQE0I-KHRGNJ320A0_WCM&WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Web++Areas+Estrategicas/Areas+Estrategicas/Areas+Estrategicas/Subdireccion+de+Agrologia/Museo+de+suelos/)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARAHONA, E. e IRIARTE, A. (1999). A method for the collection of soil monoliths from stony and gravelly soils. *Geoderma*, 87, 305–310.

FAO (1977). Guía para la descripción de perfiles de suelos. FAO. 70 pp. Roma.

JAGER, A. y SCHELLEKENS, A.C.F.M. (1963). Handleiding voor het conserveren van zware en/of natte bodemprofielen. Boor en Spade, XIII, 61–66.

KUBIENA, WL. (1952). Claves sistemáticas de suelos. CSIC. 388 p. Madrid.

MARTÍNEZ, F.J. et al (2013). Clases prácticas, usando guías audiovisuales en el museo de suelos

del Departamento de Edafología y Química Agrícola. Proyecto Innovación Docente y Buenas Prácticas Docentes en la Universidad de Granada (Avmuseo). Vol. II. Editorial Universidad de Granada, 391-403.

SMITH, H.W. y MOODIE, C.D. (1947). Collection and preservation of soil profiles. *Soil Sci.* 64, 61–69.

VAN BAREN, J.H.V. y BOMER, W. (1979). Procedures for the collection and preservation of soil Profiles. Technical Paper No 1. International Soil Museum, Wageningen. ISRIC. 23 pp.

