




**com CIENCIAS.digital**

Revista de divulgación científica

[divulgacionciencias.unizar.es/revistas/web/revistas/revista/19](http://divulgacionciencias.unizar.es/revistas/web/revistas/revista/19)

Nº 19 MAYO 2017



**PASIÓN  
POR EL  
CONOCIMIENTO**

## Redacción

### DIRECCIÓN:

- Ana Isabel Elduque Palomo

### SUBDIRECCIÓN:

- Concepción Aldea Chagoyen

### DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN:

- Víctor Sola Martínez

### COMISIÓN DE PUBLICACIÓN:

- Blanca Bauluz Lázaro
- Ángel Francés Román
- Cristina García Yebra
- Luis Teodoro Oriol Langa
- María Luisa Sarsa Sarsa
- María Antonia Zapata Abad

## Edita

Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza.  
Plaza San Francisco, s/n  
50009 Zaragoza

e-mail: [web.ciencias@unizar.es](mailto:web.ciencias@unizar.es)

IMPRESIÓN: GAMBÓN Gráfico, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)

ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.

Portada: "Tormenta en Júpiter", por Ana Serrano (Premio San Alberto Magno)

La revista no comparte necesariamente las opiniones de los artículos firmados y entrevistas.

## Editorial

Las cuevas heladas del Pirineo:  
crónica de una sorpresa efímera  
Carlos Sancho, Ánchel Belmonte,  
Miguel Bartolomé, María Leunda y Ana Moreno

Viaje a los Campamentos  
de Refugiados Saharais  
Juan A. Vallés y M<sup>ra</sup> Victoria Collados

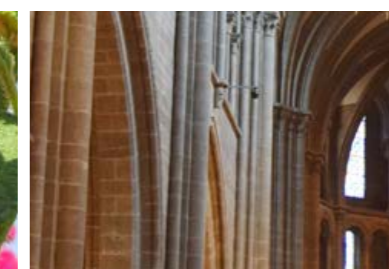
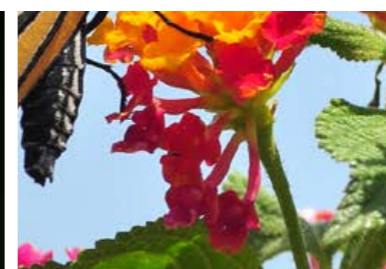
Una nueva política académica  
Ana Isabel Elduque

El fascinante mundo de los Insectos  
Juan Manuel Lantero

Miguel Servet: la Vida y la Ciencia  
José Luis Corral

La búsqueda de los restos de Cervantes.  
¿Qué hay debajo del suelo?  
Santiago Cubas Jiménez

Noticias y actividades



Pasión por el conocimiento

**U**na vez más nos reencontramos en estas líneas. Afortunadamente la publicación de conCIENCIAS continúa y, mientras nos queden fuerzas, autores, algunos fondos (pocos) y lectores, seguiremos en ello.

Como siempre, ya que esta es la única línea editorial que estamos cumpliendo desde el inicio de la publicación, volvemos a presentar una publicación ecléctica y variada. El equipo editorial sigue pensando que la alternancia en la temática es una garantía de mantener el interés del lector, auténtico juez de la revista. Hace tiempo que podríamos haber cambiado hacia una línea de publicación más monotemática en cada número, pero seguimos convencidos de nuestra primera idea. conCIENCIAS es fundamentalmente divulgativa y esto nos obliga a pensar siempre en un público amplio, variado y no especialista. Nuestra respuesta debe ser, según lo entendemos, que en todos los números presentemos artículos que pueden despertar la curiosidad de muchos y, por lo tanto, su voluntad de que este proyecto continúe. Así lo hemos hecho durante los últimos nueve años y ello, sea por fortuna o por acierto, nos permite seguir despertando el interés de muchas personas en colaborar. Continuamos con esta filosofía.

En este número, hemos podido reunir dos artículos de naturaleza, del estilo de los que escribían los naturalistas de tiempos pretéritos. Aficionados a la Espeleología y a la Entomología podrán darse un paseo por el Pirineo y aprender de sus cuevas heladas, o volver a repasar la capacidad evolutiva de los insectos que los ha convertido en uno de los géneros que más especies vivas ha producido en el planeta. Los compañeros del Departamento de Ciencias de la

Tierra, Sancho, Belmonte, Bartolomé, Leunda y Moreno, y Juan Manuel Lantero nos lo cuentan de forma apasionada.

También coinciden en este número dos artículos de carácter historicista. José Luis Corral nos cuenta el final de Miguel Servet, durante su estancia en Vienne inmerso en una atmósfera tan intolerante como la que pretendía haber dejado atrás, siendo claro ejemplo de que el fanatismo solo usa las ideologías como pretexto, pero que son las personas las que lo imponen. Con pocos años de diferencia a la ejecución de Servet, tuvo lugar la muerte del príncipe de las letras, Miguel de Cervantes, en mejores condiciones, pero también en un estado de necesidad económica totalmente inmerecido. Con motivo del aniversario de su muerte se inició la búsqueda de sus restos en el convento de las Hermanas Trinitarias de Madrid. Aunque no se pudo asignar a nuestro insigne escritor unos determinados restos, todo lo que la Ciencia puede certificar está magníficamente relatado por Santiago Cubas, testigo y protagonista de la búsqueda. Sencillamente apasionantes ambos artículos.

Juan Vallés y Victoria Collados nos adentran en el mundo real de aquellos que parecen haber sido abandonados por la Historia. En este artículo nos narran su experiencia vital que debe servirnos a todos como aldabonazo moral del mundo que estamos construyendo y la cantidad de excluidos que estamos creando. Solo conociendo de primera mano este mundo se

**“El equipo editorial sigue pensando que la alternancia en la temática es una garantía de mantener el interés del lector, auténtico juez de la revista”.**



“Suspensión”, por Clara Borao (Premio de fotografía San Alberto Magno, ed. 2011).

podrán proponer colaboraciones que atiendan las necesidades reales de los que allí están. La cooperación no debe convertirse en una pseudocaridad destinada a limpiar nuestras conciencias. Los necesitados son ellos y ese el objetivo.

Finalmente publicamos, como es habitual también en nuestra revista, un artículo dedicado a la política educativa, en especial a la universitaria. Desde hace tiempo los másteres de nuestra universidad no alcanzan los objetivos de aceptación deseados. Ni dentro de nuestra universidad ni entre el resto. Obviamente algo hacemos mal. Valga, por tanto, el escrito como llamada a la reflexión de algo que es simplemente vital si queremos que nuestra universidad siga en la parte alta de las instituciones académicas españolas y que nuestros alumnos alcancen un nivel de formación equiparable al que logran los mejores. Es nuestro futuro y somos nosotros los responsables de hacerlo posible.

Querido lector, ya no te entretengo más. Las líneas por delante son muchas y el tiempo corto. Espero que lo que dediques a la lectura de esta publicación te merezca la pena. Nos volveremos a encontrar en el número 20.

Ana Isabel Elduque Palomo  
Directora de conCIENCIAS



# **LAS CUEVAS HELADAS DEL PIRINEO: CRÓNICA DE UNA SORPRESA EFÍMERA**

Las cuevas heladas del Pirineo son cavidades singulares, inéditas desde el punto de vista científico, que contienen acumulaciones de hielo fósil heredado de las condiciones climáticas de los últimos milenios, en riesgo inminente de desaparición como consecuencia del calentamiento climático actual.

**POR CARLOS SANCHO, ÁNHEL BELMONTE,  
MIGUEL BARTOLOMÉ, MARÍA LEUNDA  
Y ANA MORENO**

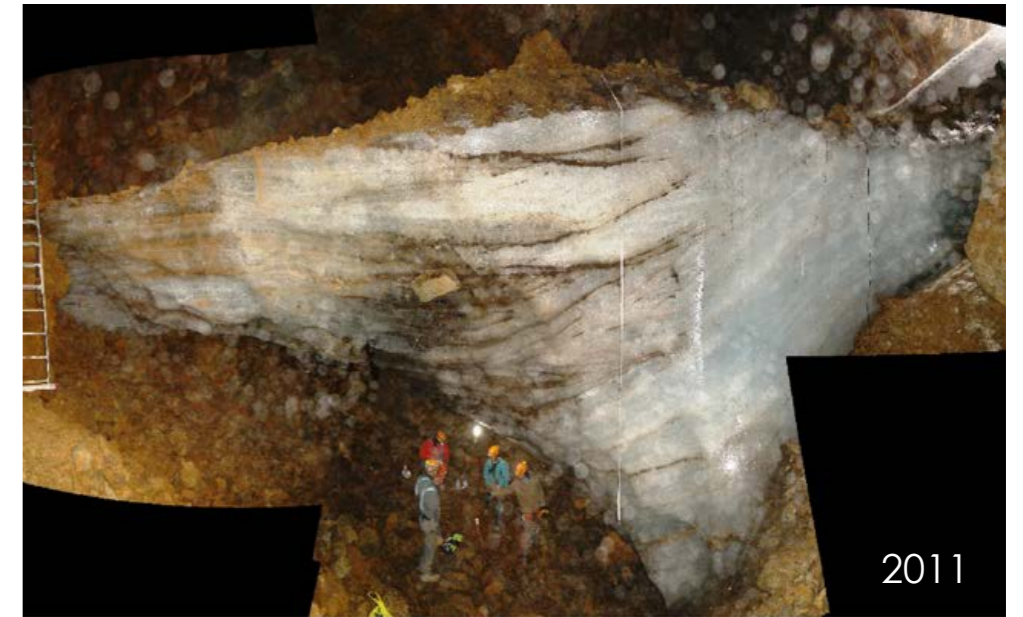
## Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera

**A** veces la naturaleza nos hace regalos inesperados. Las cuevas heladas son uno de ellos. Pero se trata de sorpresas efímeras, incapaces de perdurar en las condiciones climáticas actuales de ascenso de temperatura año tras año. Pequeños secretos que duermen un corto sueño geológico. A pesar de todo, las cuevas heladas de los Pirineos, aunque conocidas y exploradas por los espeleólogos desde hace casi un siglo, habían pasado prácticamente desapercibidas para la Ciencia. La primera cueva helada descubierta por el espeleólogo francés Norbert Casteret en 1926 es la Espluca Negra o Gruta Helada de Casteret. Localizada en el corazón del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, a 2650 m de altura, forma parte de la red de galerías y simas del Macizo de Monte Perdido, la montaña caliza karstificada más alta de Europa.

Junto con algunos ejemplos en la Cordillera Cantábrica, Peña Castil es, tal vez, el más significativo, el Pirineo aragonés acoge buena parte de cuevas heladas españolas. No obstante, la primera cueva helada reconocida en España fue la de Altavista en el Teide, hoy desprovista ya de hielo, que fue visitada por Alexander von Humboldt en 1799. En la Europa alpina y áreas centroeuropeas y euroasiáticas son frecuentes las cuevas heladas, del mismo modo que en zonas concretas de Estados Unidos, Canadá y China.

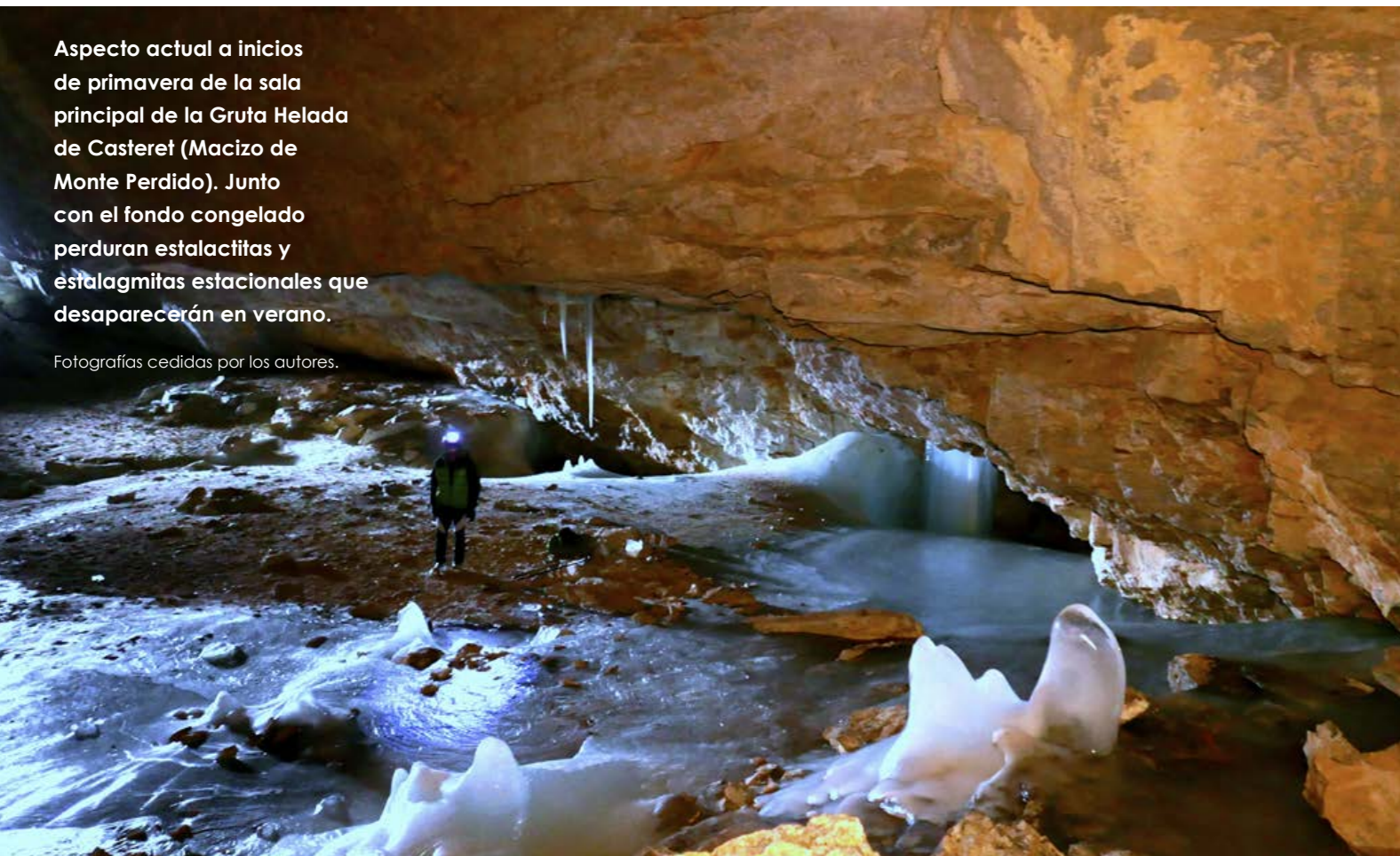
Las cuevas pirenaicas con hielo permanente no han despertado el interés de la comunidad científica hasta hace poco tiempo y, como consecuencia, no han sido objeto de investigación hasta casi la actualidad. Tal vez la escasa comunicación entre grupos espeleológicos y centros de investigación, junto con la dificultad de trabajar en alta montaña y en entornos hostiles, sean las causas principales. Los primeros

**Hielo de transformación de nieve formado hace entre 6 y 2 mil años en la Cueva Helada A294 (Macizo de Cotiella). En los últimos años, la masa de hielo está sufriendo una fusión acelerada, tal y como se observa al comparar fotografías de 2011 y 2015. En la actualidad todavía se acumula nieve en la rampa de acceso durante el invierno que desaparece en verano.**



**Aspecto actual a inicios de primavera de la sala principal de la Gruta Helada de Casteret (Macizo de Monte Perdido). Junto con el fondo congelado perduran estalactitas y estalagmitas estacionales que desaparecerán en verano.**

Fotografías cedidas por los autores.



escarceos científicos con las cuevas heladas en los Pirineos se inician en el año 2008 con el estudio de la cueva A294 localizada en el Macizo de Cotiella. Desde ese momento la investigación se ha precipitado en una cascada de intervenciones programadas en otros macizos con resultados preliminares altamente positivos.

Pero ¿qué es una cueva helada? Son cavidades en roca que contienen hielo perenne. Existen numerosas cuevas que pueden albergar hielo estacional generado en invierno y primavera, pero que desaparece totalmente a finales de verano. En este caso, no se habla de cuevas heladas. Es necesario que el balance de la masa de hielo (diferencia entre el hielo

generado y el fundido) sea positivo durante sucesivos ciclos anuales para conseguir un registro de hielo que pueda perdurar en el tiempo.

La siguiente pregunta resulta obligada. ¿Cómo se forma el hielo en el interior de una cavidad? Dos son los requisitos obvios necesarios para este menester: agua y frío. A su vez son diferentes las formas de tener agua en el interior de una cueva y también son distintos los mecanismos responsables del enfriamiento. El agua puede acceder a las cuevas en forma de nieve introducida por ventiscas y tormentas invernales, permaneciendo en zonas próximas a las entradas, pero también puede ser agua que se infiltra a partir de la fusión de nieve acumulada

## Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera



Hielo de congelación formado en los últimos 1000 años alojado en el fondo de la Cueva Helada de Soaso (Macizo de Arañonera).

Fotografías cedidas por los autores.

**“Una cueva helada registra las características de las precipitaciones de nieve originales que se deducen a partir del análisis isotópico del hielo”.**

sobre los macizos que alojan las cavidades, discurre por los conductos y queda retenida en zonas encharcadas de cualquier sala o galería, donde se congela. A su vez, las temperaturas por debajo de cero se alcanzan por almacenamiento de masas de aire frío en el interior de cuevas que solo poseen una entrada, o bien por corrientes de aire a baja temperatura cuando las cuevas tienen varias entradas. Así podemos tener hielo de transformación de nieve y hielo de congelación de agua. A estos dos tipos generales de hielo hay que añadir de manera más anecdótica el formado por procesos de sublimación inversa a partir del vapor de agua existente en las cuevas.

En tercer lugar, ¿qué interés científico nos mueve en el estudio de las cuevas heladas? Básicamente se trata de descifrar la información del clima y las condiciones ambientales del pasado reciente almacenadas en el hielo. Una cueva helada registra las características de las precipitaciones de nieve originales y, a veces, incluye también restos de la vegetación circundante a la cavidad. Estas señales paleoambientales adquieren su máximo interés siempre y cuando seamos capaces de conocer la edad de formación del hielo. Por otro lado, los cambios climáticos del pasado, especialmente los acaecidos durante el Holoceno (últimos 11.700 años), constituyen una llave para estudiar el cambio climático actual y futuro que ya nos afecta.

Resulta paradójico que el conocimiento del clima del pasado derivado de la investigación de las cuevas heladas sirva para avanzar en el conocimiento del clima actual y futuro y que, a la vez, el incremento de temperatura asociado al cambio climático global esté poniendo en riesgo su supervivencia. Ésta es, por tanto, la crónica de las cuevas perdidas, de la desaparición anunciada de unos elementos naturales singulares de alto valor patrimonial y científico en la alta montaña pirenaica.

### LOS INICIOS

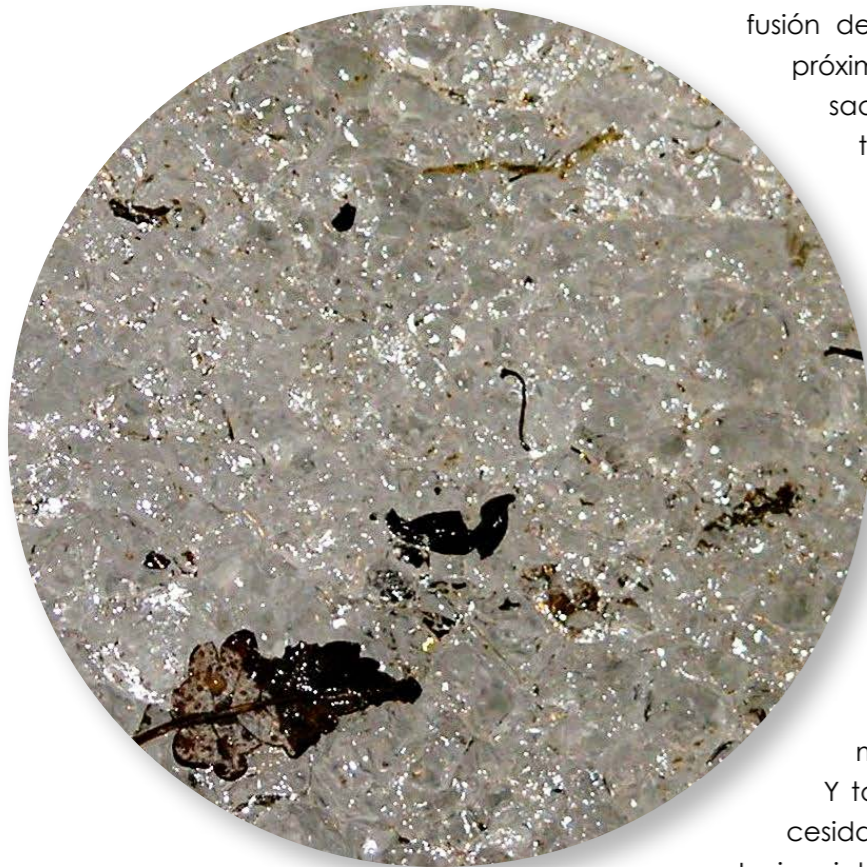
Todo comenzó con Ánchel Belmonte, en la actualidad Coordinador Científico del Geoparque de Sobrarbe, durante el verano de 2008. Ánchel andaba ocupado en aquellos momentos avanzando en el estudio del karst del Macizo de Cotiella, como uno de los objetivos principales de su Tesis Doctoral que culminaría con brillantez un tiempo más tarde en el Departamento de Ciencias de la Tierra de nuestra Facultad.

El Espeleo Grup L'Hospitalet, como todos los veranos, estaba organizando su campaña de exploración espeleológica en Cotiella. Debido al interés de los avances en el conocimiento de la red de cuevas y simas del macizo, Ánchel quiso aprovechar la oportunidad de compartir unos días de campo con ellos. Durante los preparativos logísticos del heliportaje, desde Plan hasta el campamento localizado al pie de Cotiella (2912 m), a Ánchel le llamó la atención la falta de agua en la intendencia. Como buen conocedor de la aridez en muchos de los paisajes kársticos en altura se interesó por este detalle. Los espeleólogos Ramón Queraltó y Carles Pons, excelentes exploradores del endokarst de Cotiella, le respondieron que no era necesario transportar agua porque la obtenían de la

.....  
**Cristales de hielo de sublimación inversa en una pared de la Cueva Helada de Sarriós-5 (Macizo de Monte Perdido).**



## Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera



**Macrorrestos vegetales (hojas, semillas, acículas, etc.) en la Cueva Helada A294 introducidos por el viento a la vez que la nieve (Macizo de Cotiella).**

Fotografía cedida por los autores.

**“El hielo también contenía restos vegetales extraordinariamente bien conservados. La presencia de materia orgánica resulta determinante para conocer la edad del hielo”.**

fusión de hielo acumulado en una cueva próxima al campamento. Ánchel interesado y reflexivo, pero también inquieto y un tanto escéptico, les contestó que le gustaría conocer esa masa de hielo. Y así fue como visitó la cueva A294 por primera vez. Una sensación de asombro y casi incredulidad recorrió su mente. Será la magia de Huesca. Un espectáculo geológico aparecía ante su mirada expectante. La masa de hielo presentaba capas superpuestas separadas por niveles de acumulación de fragmentos de roca. El hielo también contenía restos vegetales extraordinariamente bien conservados. Excelente. Y todos los días la visitaban en su necesidad de disponer de hielo para fundir.

La inquietud y escepticismo inicial se transformaron en nerviosismo y ansiedad por contarnos la experiencia que había vivido y trasladarnos las posibles expectativas con las que había estado pensando en el silencio de las noches al pie de Cotiella. El hielo acumulado en el fondo de la cueva A294 parecía antiguo, heredado de épocas anteriores, y podría aportar datos científicos de interés paleoclimático y paleoambiental.

Unos días más tarde, Ánchel me llamó: “Oye Carlos, me gustaría comentarte una cuestión en relación con la Tesis.” Así fue cómo nos transmitió sus sensaciones. El potencial científico de la Cueva Helada A294 parecía evidente. Y nos enganchó su propuesta de investigación. Era el momento de estudiar y familiarizarnos con los depósitos de hielo en cuevas de otras cadenas de montañas y zonas de latitudes altas del mundo. De manera que preparamos un plan de trabajo. Así, en el verano de 2011 abordamos el estudio de la Cueva Helada A294 en el marco del proyecto CLIRREALES financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y fondos FEDER. La idea inicial era utilizar una pared en la masa de hielo para muestrear restos vegetales que permitieran conocer la edad del

depósito y, a la vez, extraer pequeños cilindros de hielo que, una vez fundidos, permitieran conocer las características de la nieve original. Así podríamos aventurarnos en la determinación de la cantidad y origen de las precipitaciones de nieve que cubrieron el Macizo de Cotiella en el pasado.

Por supuesto, contamos con la colaboración logística inestimable de Ramón Queraltó y Carles Pons para el acceso a la cueva y también para el muestreo. A la vez echamos mano de dos estudiantes brillantes, Pablo Santolaria y Mikel Calle, hoy excelentes geólogos formados en nuestra Facultad, oscenses aficionados a la montaña y siempre dispuestos a aprender y a ayudar. También se apuntó a la expedición, aunque en condiciones físicas un tanto precarias, un espigado muchacho de Tarazona, Miguel Bartolomé, compañero de estudios y aventuras deportivas de los otros, que ya andaba, en aquellos momentos, inquieto con el mundo de las cuevas y las estalagmitas. De hecho hoy es un doctor con gran experiencia en el uso de registros espeleotérmicos como indicadores paleoclimáticos.

Un conjunto de sensaciones, a veces contradictorias y no fáciles de explicar, se agolpaban en nuestro interior. La intranquilidad de la primera campaña científica dedicada a cuevas heladas, los nervios del helicóptero que se retrasa y no termina de llegar, la preocupación de la primera vez que vas a quedar aprisionado bajo un arnés para descender en vertical tan solo 6 m, la imagen inicial de la pared de la masa de hielo que sobrecoge y se queda grabada en el subconsciente, el frío de horas pegados a la pared de hielo que no sientes pero te paraliza, el entusiasmo por avanzar en el conocimiento científico de estos registros de hielo singulares y novedosos, la incertidumbre de los resultados... Todo un desafío en definitiva. Y así, tras tres días de trabajo fue posible describir las

características geomorfológicas de la cueva A294, los rasgos estratigráficos del depósito de hielo, seleccionar muestras de macrorrestos vegetales y recuperar muestras de hielo destinadas a análisis geoquímicos. Pocas veces se siente una satisfacción tan grande después del trabajo realizado. Reto superado. La última noche brindamos con hielo de varios miles de años, mientras Pablo fotografiaba un cielo raso lleno de estrellas. A estas alturas Miguel comenzaba a recuperarse de sus dolencias iniciales.

### LOS PRIMEROS RESULTADOS

La cueva A294 fue la primera. Es modesta en dimensiones y presenta una geometría de fondo de saco. Sin embargo en su interior alberga un cuerpo de hielo excepcional. La masa helada tenía en 2010 un volumen aproximado de 250 m<sup>3</sup>. Aparece conectada con la entrada de la cueva mediante una rampa inclinada de neviza. En el lado opuesto, el cuerpo de hielo se está separando de la pared de roca. El retroceso del hielo ha favorecido la aparición de un escarpe vertical en la parte superior y extraplomado en la base. Esta pared helada de casi 10 m de altura permite una exposición casi completa de la masa de hielo. En la arquitectura estratigráfica, llama la atención la presencia de líneas curvas que se entrecruzan unas con otras, dando lugar a un aspecto muy similar a la estratificación cruzada. Aparecen como consecuencia de la intersección entre la pared de hielo y superficies curvas cóncavas hacia arriba en la masa de hielo. Estas líneas curvas aparecen remarcadas por niveles detríticos resultado de la acumulación de clastos de caliza que se desprenden del techo de la cueva por ciclos de hielo-deshielo. En los niveles de gelifractos también son frecuentes los restos vegetales introducidos por el viento a la vez que la nieve. Se trata, principalmente, de hojas de *Dryas octopetala*, acículas de *Pinus uncinata* (pino negro), restos de arbustos como *Vaccinium*

## Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera

*myrtilus* (arándanos) y *Arctostaphylos uva-ursi* (gayuba), semillas de *Iris latifolia* (lirios) y tallos y espigas de Poaceae (gramíneas), además de polen de diferentes taxones leñosos y herbáceos. La presencia de restos vegetales resulta definitiva para conocer la edad del hielo. Los análisis de radiocarbono indican que la base de la acumulación alcanza los 6000 años, mientras que el techo tiene aproximadamente unos 2000. Sorprendentemente, en la literatura especializada a nivel internacional, publicada hasta el momento, las cuevas heladas contienen hielo tan antiguo como este. Podemos afirmar con seguridad que la Cueva Helada A294 es una de las más antiguas a nivel mundial conocida hasta el momento. Otro interés adicional es que se trata de la cueva helada más meridional de Europa. La masa de hielo de la A294 apuntaba inexorablemente a un origen ligado a la transformación de nieve introducida en la cueva por tormentas de nieve y ventiscas.

En definitiva, la Cueva Helada A294 es un archivo que registra la historia climática del Pirineo Central durante cuatro mil años. La interpretación basada en el análisis de la composición isotópica ( $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta\text{D}$ ) de las muestras de hielo indica la sucesión en el tiempo de fases seculares con tasas más altas de acumulación de hielo y otras con menor actividad. Además es posible diferenciar momentos en los que predominan las precipitaciones de invierno en forma de nieve ligadas a la circulación de frentes Atlánticos y otros con humedad proveniente del Mediterráneo. En cualquier caso la acumulación de hielo siempre coincide con la intensificación de las precipitaciones en forma de nieve y con temperaturas bajas.

La experiencia científica resultó tan estimulante y exitosa que no podíamos dejar de pensar en el resto de macizos pirenaicos con sus cuevas heladas secretas. Y a este menester nos dedicamos con el soporte del Geoparque de

Sobrarbe, del Organismo Autónomo Parques Nacionales y de los proyectos OPERA SPYRIT financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y fondos FEDER.

A estas alturas de la película, al equipo de trabajo se habían incorporado Ana Moreno y Belén Oliva, dos intrépidas espeleólogas y científicas reconocidas. También María Leunda, experta paleobotánica del Pirineo con vocación geológica. Todas ellas trabajan en el Instituto Pirenaico de Ecología. Gran equipo. Tras Cotiella, el siguiente desafío a abordar se centró en el estudio de la Gruta Helada de Casteret, en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. No podía ser de otra manera. La mítica Casteret nos esperaba. Visitamos esta cueva durante el verano de 2013 de la mano de Elena Villagrasa, geóloga y técnica del Parque. Casteret, de referencia internacional obligada, nos dejó un sabor agridulce. Era Casteret sí, pero no como la habíamos imaginado tras la revisión de fotografías históricas, recopiladas por David St. Pierre. El paso de tiempo con un clima poco favorable había dejado una fuerte impronta negativa en las masas de hielo.

Mientras, un inquieto Miguel, acompañado del siempre dispuesto Alberto Gommollón, de la Sección de Espeleología del Centro Excursionista Moncayo de Tarazona, recorrieron la Faja de los Sarrios, próxima a Casteret, en busca de las cavidades con hielo que se indicaban en las memorias de campañas espeleológicas llevadas a cabo por grupos franceses. Como resultado, varias cuevas de Sarrios ofrecieron condiciones positivas.

Durante el verano de 2014 abordamos el estudio, todavía hoy en desarrollo, de todas estas cavidades localizadas en el Macizo de Monte Perdido. La Gruta Hela-

da de Casteret, localizada a 2690 m de altura, es una galería casi horizontal de más de 250 m de largo. Próxima a la entrada aparece una gran sala de unos 40 m de ancho, cuyo fondo se encuentra cubierto por la masa helada perenne. El hielo tiene su origen en la congelación del agua encharcada en el fondo de la sala que procede de la infiltración a través de la roca, como consecuencia de la fusión del manto nival que recubre el macizo. Al aparecer todo el fondo de la sala congelado no es posible acceder hasta los niveles más bajos, y por tanto más antiguos, del cuerpo de hielo fósil. Tan solo una pequeña poza circular de fusión de 2 m de profundidad permite observar la parte superior de la acumulación. La edad obtenida es de unos 400 años, sugiriendo que el hielo más moderno conservado se acumuló durante la Pequeña Edad del Hielo. Entre las capas horizontales de hielo aparecen niveles de guano producido por colonias de córvidos

**“El estudio de la mítica Gruta Helada de Casteret, en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido constituye todo un desafío”.**



Faja de los Sarrios, en el Macizo de Monte Perdido, en la que se localizan las entradas de diferentes cuevas heladas.

Fotografía cedida por los autores.



## Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera

que han habitado la cueva. El guano es rico en polen que nos habla del paisaje vegetal del entorno regional del macizo. Dominan el pino y las herbáceas. No cejamos en el intento de recuperar la información completa de este cuerpo de hielo en un futuro próximo y trataremos de extraer un testigo de hielo completo mediante un sondeador mecánico.

Entre las cuevas localizadas en la Faja de los Sarrios destaca por su interés la denominada Sarrios 1. Esta cavidad se localiza a 2795 m de altura. Muy cerca de la entrada aparece una pared vertical de hielo de 6 m de altura. En el cuerpo helado se diferencia una parte inferior de hielo masivo acumulado entre 5000 y 6000 años antes del presente. Una superficie bien

definida la separa del tramo superior constituido por hielo con estructura horizontal, finamente laminado, formado durante los últimos 500 años. Claramente se trata de un hielo de congelación de agua encharcada procedente de la infiltración superior. El polen encontrado corresponde principalmente a especies leñosas (pinos, avellanos, abedules, alisos, etc.) procedentes de los fondos de los valles colindantes.

A la misma altura en la Faja aparecen las cavidades Sarrios 6 y 5. En la primera destacan las acumulaciones dispersas en la masa de hielo de cristales de calcita denominada criogénica. Estos carbonatos precipitan por segregación de los solutos durante el proceso de congelación del agua mineralizada en pequeñas charcas. Por otro lado, Sarrios 5 está esperando su estudio. Su acceso no es sencillo y el hielo se localiza en pozos de profundidad considerable. Será necesario equipar una nueva vía de acceso con la ayuda de Dani Asenjo del EspeleoCas de Sobrarbe.

**“Entre las capas horizontales de hielo aparecen niveles de guano producido por colonias de córvidos que han habitado la cueva”.**

.....  
**Hielo de congelación formado durante la Pequeña Edad de Hielo alternando con niveles de guano (Gruta Helada de Casteret, Macizo de Monte Perdido).**

Fotografías cedidas por los autores.



**Hielo masivo de transformación de nieve acumulada hace 5000 años (color más claro de la base) sobre el que se apoya hielo de congelación laminado de los últimos 500 años en la Cueva Helada de Sarrios-1 (Macizo de Monte Perdido).**

Durante el otoño de 2014 le tocó el turno a la cueva de Soaso, en la cara sur del Macizo de Tendeñera, a 2300 m de altura. Fue una campaña llena de contratiempos y dificultades. Caminos cortados por avenidas, canchales de alta pendiente, pinchazos inoportunos, ventiscas que desorientan durante el descenso nocturno,... Si el ascenso de todo el material hasta la entrada resultó dificultoso, el movimiento del mismo a lo largo de la galería principal fue casi penoso. Que se lo digan a María, Miguel y Alberto. Increíbles, grandes, generosos. A lo largo de unos 200 m se suceden fraccionamientos y rapeles equipados por Jordi Borrás y miembros del Espeleo Club de Gràcia. Finalmente el esfuerzo conllevó su recompensa y una espectacular masa de hielo de congelación ocupaba el fondo de una sala terminal. El cuerpo helado acumulado hace entre 1000 y 200 años, de geometría irregular y un volumen de unos 300 m<sup>3</sup>, se encuentra en franco retroceso. Las muestras de hielo se están analizando en la actualidad.

A finales del verano de 2015 estudiamos la Cueva Helada de Somola, en el Macizo de Collarada, a 2590 m de altitud. Ascendimos una mañana con brumas densas que dificultaron la aproximación del helicóptero. Las risas iniciales se tornaron en semblantes preocupados por la dificultad del heliportaje. Afortunadamente las condiciones durante el regreso fueron excelentes. En esta ocasión nos acompañó Jorge Monge, del Espeleo Club de Zaragoza, buen conocedor de la cavidad. Una masa de hielo de dimensiones considerables se encuentra cerca de la entrada. Se trata de hielo de congelación acumulado en el fondo de una sala. No faltó a la cita un murciélago perfectamente preservado en el interior de la masa helada. El hielo se ha acumulado durante el último milenio con algunas interrupciones, tal y como indican las edades de radiocarbono de algunos restos vegetales introducidos por el viento. Desde Somola, el espectáculo de la civilización iluminada a su pie sobrecoge en las noches rasas.

## Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera

Por último en 2016, el incansable Miguel reconoce de la mano de Mario Gisbert, del Centro Espeleológico de Aragón, las acumulaciones de hielo que se preservan en las cuevas A-70 y S-10 del Macizo de Lecherines. Y aún espera Sierra Bernera para completar el transecto del Pirineo aragonés desde el este hasta el oeste. Mientras tanto, seguro que nuevas cavidades se van a ir añadiendo al inventario de cuevas heladas.

### LA OPORTUNIDAD

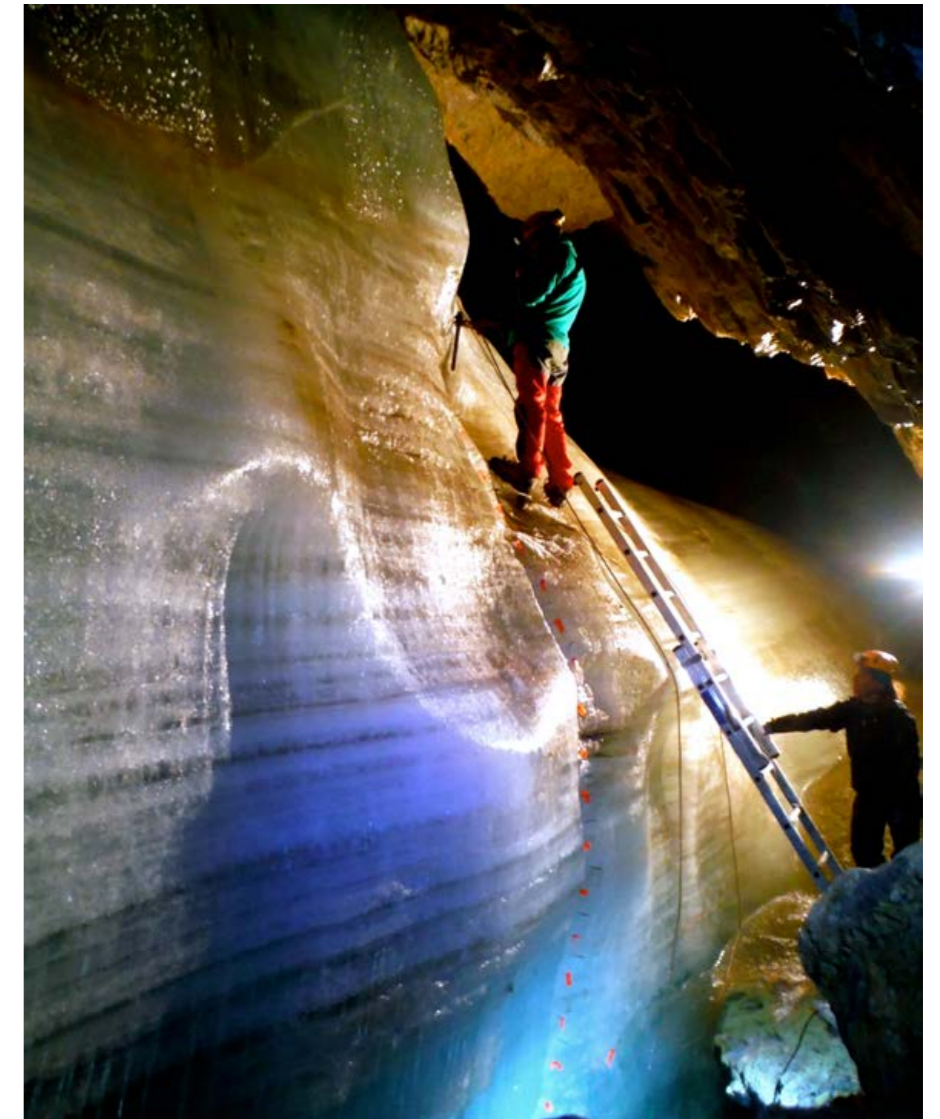
Es un hecho que el volumen de los cuerpos de hielo alojados en las cuevas del Pirineo está disminuyendo de manera general y alarmante como consecuencia del calentamiento global. No se trata de una situación excepcional, sino más bien de la evidencia de los cambios evolutivos que los sistemas geológicos experimentan

a lo largo del tiempo. Sin embargo, en algunos casos la situación es dramática. De un modo análogo a lo que sucede con los glaciares pirenaicos, la desaparición de las cuevas heladas es una realidad inminente, anunciada.

Son escasos los datos disponibles que corroboran la disminución del hielo, a la vez que permiten establecer una velocidad de desaparición. Sin embargo, el control y seguimiento del volumen de hielo durante varios años al final de verano permite una aproximación. Utilizamos marcas en el contacto entre el hielo y las paredes de las cuevas, tornillos de hielo, fotografías comparadas y, recientemente, técnicas de 3D Laser Scanning.

En las condiciones actuales el volumen de hielo de la cueva A294 de Cotiella muestra una pérdida anual de unos 12 m<sup>3</sup>. Considerando el

**Muestreando el hielo de congelación de la Cueva Helada de Somola para análisis isotópicos (Macizo de Collarada).**



Heliportaje final de la campaña de campo en la Cueva Helada de Somola (Macizo de Collarada).

Fotografías cedidas por los autores.

volumen total es previsible que en 20 años el hielo haya desaparecido totalmente. La Gruta Helada de Casteret es otro ejemplo significativo. En este caso, la comparación de fotografías y la documentación histórica de los últimos 50 años permite establecer un rebajamiento de la superficie del hielo que se aloja en el fondo de la cueva de 5,5 cm/año que equivale a una pérdida aproximada de unos 40 m<sup>3</sup>/año.

Las causas hay que buscarlas en las condiciones térmicas reinantes en el interior de las cuevas, que a su vez dependen de la altura, la orientación y los mecanismos de enfriamiento. Los datos de sensores de temperatura instalados en diferentes zonas de las cavidades indican que las temperaturas mínimas que se alcanzan durante el invierno rondan los -5 °C, mientras que

en verano la temperatura oscila entre 0 y 5 °C. Como consecuencia, el período de tiempo en el que las cuevas heladas se encuentran por encima de 0 °C es de 5-6 meses al año centrado en el período estival, desde mayo hasta octubre. Quiere decir, por tanto, que casi durante la mitad del año las masas de hielo están sometidas a procesos de fusión.

En las entradas y rampas de acceso de numerosas cuevas heladas aparecen acumulaciones de nieve relacionadas con precipitaciones

**“En las condiciones climáticas actuales el volumen de hielo de la cueva A294 de Cotiella desaparecerá en unos 20 años”.**

## Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera

y ventiscas invernales. Sin embargo, al final del período estival, estas acumulaciones desaparecen todos los años. Por otro lado, en cuevas heladas con hielo de congelación es frecuente que se desarrollen diferentes morfologías de espeleotemas de hielo. Estalactitas, estalagmitas, columnas y cascadas de hielo son habituales. Incluso llegan a adquirir dimensiones considerables debido a la elevada velocidad con la

que se forma el hielo. Para que esto suceda es necesario que las temperaturas en el exterior de las cuevas sean superiores a 0 °C de cara a permitir la fusión de la cubierta de nieve sobre las cuevas. Se facilita así la infiltración y circulación de agua líquida que alcanza la cavidad. Esta agua puede congelarse, siempre y cuando la temperatura en el interior sea inferior a los 0 °C. Ambas circunstancias (temperatura ex-

**Cascada de hielo estacional que desaparecerá durante la estación cálida (Gruta Helada de Casteret, Macizo de Monte Perdido).**

Fotografías cedidas por los autores.



terior sobre cero e interior bajo cero) solo se producen durante cortos períodos de tiempo distribuidos en primavera y otoño principalmente. En cualquier caso, resulta evidente que los procesos de congelación y fusión presentan una alta funcionalidad con cambios estacionales muy rápidos, si bien, actualmente, la cantidad de hielo que se forma en un año es inferior al que se funde. Este balance de masas de hielo negativo es el que irremediamente está marcando la desaparición de las cuevas heladas.

La Ciencia ha descubierto las cuevas heladas de la Cordillera Pirenaica recientemente. Tal vez un poco tarde. Sin embargo nunca lo es. Las cuevas heladas del Pirineo bien merecen una oportunidad científica antes de su desaparición. A pesar de la dificultad de trabajar en ambientes extremos, el desafío merece la pena. Es lo que toca. Las ciencias espeleológicas y geológicas, las técnicas analíticas y nosotros mismos vamos a intentar estar a la altura de las circunstancias y responder al desafío planteado.

Carlos Sancho<sup>1</sup>, Ánchel Belmonte<sup>1</sup>, Miguel Bartolomé<sup>1,2</sup>, María Leunda<sup>2</sup> y Ana Moreno<sup>2</sup>

1) Dpto. de Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

2) Dpto. de Procesos Geoambientales  
y Cambio Global  
Instituto Pirenaico de Ecología  
CSIC



**Estalactita de hielo estacional en la Gruta Helada de Casteret (Macizo de Monte Perdido).**

Existen cuevas heladas prácticamente en todos los macizos calizos karstificados del sector central pirenaico a partir de los 2500 m de altura, inéditas desde el punto de vista científico. La mayor parte de ellas albergan en su interior hielo de congelación, pero también las hay que contienen hielo de transformación de nieve. En ambos casos, se trata de hielo fósil acumulado durante los últimos milenios y centurias. Contiene indicadores paleobotánicos e isotópicos que aportan valiosa información de las condiciones ambientales y climáticas del pasado, de alto interés en el estudio del clima futuro. En la actualidad, el volumen de estas masas de hielo está sufriendo un retroceso acelerado por el calentamiento global, de manera que en pocos decenios habrán desaparecido. Ante estas perspectivas, las cuevas heladas requieren una atención investigadora urgente.

# VIAJE A LOS CAMPAMENTOS DE REFUGIADOS SAHARAUIS

“La supervivencia en los campamentos saharauis depende de la ayuda humanitaria”.

**POR JUAN A. VALLÉS Y  
M<sup>a</sup> VICTORIA COLLADOS**

## Viaje a los Campamentos de Refugiados Saharauis

**A** propuesta del colectivo de estudiantes saharauis en la Universidad de Zaragoza (Lefrig) nos desplazamos durante 3 días en abril de 2016 a los campamentos de refugiados saharauis en Tinduf (Argelia), con el fin de conocer su situación y explorar posibles colaboraciones en el ámbito de la Cooperación en Salud Visual. Un miembro del colectivo nos acompañó en todo momento durante el viaje y en nuestros desplazamientos por los campamentos.

### LOS CAMPAMENTOS SAHARAUIS

Los saharauis viven dispersos entre su tierra originaria (bajo ocupación marroquí desde 1976) y países vecinos como Mauritania, Malí y sobre todo Argelia, a la espera de un referéndum de

autodeterminación propuesto ya en los años 70 por las Naciones Unidas. En los campamentos de refugiados de Tinduf, situados al sudoeste de Argelia en la parte más inhóspita del desierto del Sáhara, se encuentran acogidas unas 160.000 personas. Los campamentos están divididos en cinco distritos o *wilayas* que tienen los nombres de las ciudades más importantes del Sáhara Occidental: El Aaiún, Smara, Dajla, Auserd y Bojador. Cada *wilaya* está dividida en 6 o 7 municipios o *dairas*, y cada *daira* en cuatro barrios. Existe una carretera que comunica las *wilayas* con la ciudad argelina de Tinduf.

A pesar de que el pueblo saharauí lleva ya 40 años viviendo como refugiados en estos campamentos las condiciones de vida en ellos continúan siendo precarias. En su mayoría carecen de agua corriente, solo recientemente dispo-

nen de luz eléctrica gracias al uso de placas solares y las viviendas son en su mayoría de ladrillos de adobe o jaimas de lona. En octubre de 2015 unas lluvias torrenciales provocaron graves inundaciones con importantes daños en muchas de ellas.

La administración en los campamentos (y en el territorio del Sáhara Occidental no ocupado por Marruecos) es ejercida por la República Árabe Saharaui Democrática (RASD) proclamada en 1976. En 1982 la RASD fue admitida como estado miembro de la Organización para la Unidad Africana y, desde entonces, más de 70 países la han reconocido como estado. La capital administrativa de la RASD es Rabuni, donde se encuentra la presidencia, los ministerios, los distintos servicios de protocolo y los demás servicios públicos de la RASD.

### LA AYUDA HUMANITARIA

La supervivencia en los campamentos saharauis depende de la ayuda humanitaria. Organismos internacionales y ONGs centran sus esfuerzos en proporcionar ayuda en forma de alimentos, medicamentos y material escolar, a través de la formación o la organización de campañas de sensibilización sobre la causa saharauí en sus países de origen. La alimentación diaria de los refugiados en un hábitat donde producir alimentos es algo prácticamente imposible, no sería factible de no ser por las donaciones de los diferentes países, que el Programa Mundial de Alimentos de Naciones Unidas se encarga de repartir. Esta ayuda humanitaria se ha visto fuertemente afectada

en los últimos años por la crisis económica y es cada vez más reducida a medida que la atención mediática sobre el conflicto saharauí disminuye.

En España el programa de cooperación más conocido es el denominado "Vacaciones en paz", que cuenta con la participación de más de 300 asociaciones que organizan la recepción de 7.000 a 10.000 niños entre ocho y doce años para una estancia de dos meses de verano con una familia española en régimen de acogida. Este programa permite a los niños saharauis escapar de los duros meses de verano en el desierto, experimentar otra vida fuera de los campamentos, mejorar su nivel de Español, aprovechar los beneficios de la sanidad española así como de una adecuada nutrición y, al mismo tiempo, llamar la atención y sensibilizar a la población española sobre el conflicto.

A pesar de la ayuda humanitaria que desde hace varios años prestan las ONGs y varios organismos internacionales, la atención sanitaria en los campamentos continúa siendo deficitaria. Esto se concreta en la carencia de infraestructuras y equipos, así como de medicamentos y de profesionales sanitarios especializados, entre muchos otros aspectos. La estructura sanitaria está organizada en atención primaria en los dispensarios de *daira*, atención secundaria en los hospitales regionales de cada *wilaya* y atención terciaria o especializada en el Hospital Nacional de Rabuni y, para los militares, en el Hospital Mixto de Bol-la.

### EL PRIMER DÍA

El primer día de nuestra visita conocimos el pabellón de Oftalmología del Hospital de Rabuni,

**“Los saharauis viven dispersos entre su tierra originaria y países vecinos”.**

**Wilaya de Smara.**

Fotografía cedida por los autores.



## Viaje a los Campamentos de Refugiados Saharauis



Vivienda de adobe tras las inundaciones de Octubre de 2015.

Fotografías cedidas por los autores.

**“A pesar de que el pueblo saharauí lleva ya 40 años viviendo como refugiados en campamentos, las condiciones de vida en ellos continúan siendo precarias”.**

acompañados del optometrista responsable del Departamento de Oftalmología del Ministerio de Salud Pública. Este hospital es el de mayor envergadura de la RADS, dispone de dos quirófanos perfectamente equipados donde se realiza todo tipo de intervenciones quirúrgicas, aunque su uso depende básicamente de la presencia de las comisiones quirúrgicas extranjeras. Precisamente, durante nuestra visita estaba pasando consulta y poniendo a punto el quirófano del pabellón una comisión de Médicos del Mundo con la que habíamos coincidido en el aeropuerto de Argel. Dos veces al año, Médicos del Mundo desplaza una comisión oftalmológica con el objetivo de brindar atención quirúrgica y consultas oftalmológicas y formar al personal de salud local. Los responsables de la comisión mostraron su interés en una posible colaboración acogiendo alumnos de cuarto del Grado en Óptica y Optometría en alguna de las comisiones que se desplazan a los campamentos.



Recinto del Hospital de Rabuni.



Consulta oftalmológica de la expedición de Médicos del Mundo en el Hospital de Rabuni.

## Viaje a los Campamentos de Refugiados Saharauis



Taller de montaje en la óptica de Smara, Hospital de Bachir (arriba) y lentes y monturas donadas para el montaje de prescripciones (abajo).

Fotografías cedidas por los autores.



A continuación nos dirigimos a conocer las instalaciones del Protocolo de Rabuni, donde se encuentran los alojamientos de los cooperantes de las distintas ONGs. A raíz del secuestro de tres expatriados en octubre del 2011, las autoridades saharauis han extremado las condiciones de seguridad en los campamentos, ejerciéndose un mayor control de los movimientos de los cooperantes y un aumento de medidas de seguridad (vigilancia, muros) alrededor de los protocolos. También el desplazamiento desde el aeropuerto de Tinduf hasta los campamentos se realiza con vehículos de escolta, primero argelinos y después del Polisario.

Por la tarde visitamos la Escuela de Enfermería de la Universidad de Tifariti. La universidad se fundó en 2012 con la ayuda y solidaridad de numerosas universidades europeas, africanas y latinoamericanas con el fin de dotar de un centro de enseñanza superior al pueblo saharauí. En la entrevista con el Director de la Escuela de Enfermería se comentó la posibilidad de establecer una colaboración con la Universidad de Zaragoza para la impartición de cursos específicos de especialización en Optometría para los estudiantes que cursan la especialidad de Enfermería Pediátrica.

Finalmente visitamos la biblioteca en Smara de la red Bubisher. Se trata de un proyecto de cooperación iniciado por voluntarios españoles en 2008 a partir de un bibliobús para los niños saharauis. Este autobús/biblioteca iba de campamento en campamento y de escuela en escuela con el fin de mantener un servicio de préstamo de libros para la comunidad saharauí, complementando el estudio de español y creando espacios de lectura, escritura y comunicación. El nombre del proyecto viene de que Bubisher es el pájaro más modesto pero a su vez más alegre del desierto. Actualmente, además de tres bibliotecas-bus ambulantes se han construido bibliotecas en tres campamentos que están atendidas por trabajadores saharauis.

### EL SEGUNDO DÍA

El segundo día empezamos visitando el Centro Castro de educación especial en Smara. En él conviven niños con diversos grados de discapacidad a los que se les ayuda a mejorar su autonomía y reciben formación para desarrollar diversas actividades con el fin de que puedan llegar a valerse por sí mismos en el futuro.

En paralelo a la parte "oficial" del viaje disfrutamos de la hospitalidad de la familia de nuestro compañero de viaje, Khalil, en la que nos "adoptaron" durante tres días. Aprendimos cómo se puede vivir con los medios imprescindibles, a aparcar tus prisas compartiendo la ceremonia del té y a qué saben un buen número de las partes del camello.

Asimismo comprobamos que los saharauis, a pesar de las duras circunstancias en las que viven, son personas alegres. Asistimos a una de las numerosas fases en las que se divide el ritual de una boda, rebotante de risas, música y en la que destacaba el animado colorido de la ropa de las mujeres y las niñas.

Aprendimos también la importancia que tienen las mujeres en la vida saharauí. En muchas familias el padre se encuentra en otro país trabajando o forma parte del sistema militar, por lo que el peso de la familia y de la casa cae en la mujer. La mayor parte no dispone de trabajo fuera de los campamentos, pero son muchas mujeres las que ayudan en los ayuntamientos y en los dispensarios de las dairas. Se debe destacar también que el origen beber del pueblo saharauí y el efecto que tuvo la colonización española sobre la

## Viaje a los Campamentos de Refugiados Saharauis

Desde Smara, desierto a través y sorteando manadas de camellos, nos dirigimos al Hospital Mixto El Bol-la, donde se dispone de una consulta de Optometría y un taller de montaje convenientemente equipados gracias a donaciones de ONGs de diversos países. También visitamos la óptica de Smara en el recinto del Hospital Bachir, en la que se dispone también de un taller de montaje.

Esa tarde nos entrevistamos con el Ministro de Salud Pública de la RASD. En la entrevista nos confirmó su apoyo a cualquier actividad que decidiéramos emprender en relación a la formación y cooperación en Salud Visual.

### EL TERCER DÍA

El tercer día de nuestra visita era viernes y, por lo tanto, festivo al tratarse de un país musulmán. Aprovechamos a hacer algu-

nas compras antes de que cerrasen todas las tiendas, con el fin de que puedan desplazarse los hombres que las atienden a la mezquita a asistir al rezo colectivo semanal.

Por la tarde fuimos recibidos por el Ministro de Educación de la RASD. El Frente Polisario ha hecho de la educación una prioridad en los campamentos de refugiados (en especial de las niñas) como lo evidencia un índice de alfabetización del 95%. También ha construido escuelas de primaria y secundaria en los campamentos y ha organizado el bachiller, la educación uni-

**“El Frente Polisario ha hecho de la educación una prioridad en los campamentos de refugiados”.**



Fiesta en una boda saharauí.

Fotografías cedidas por los autores.



versitaria y los estudios de postgrado en países amigos como Argelia, Cuba, Libia y Siria.

Un aspecto que merece la pena destacar es el orgullo con el que los saharauis mantienen el Español, a pesar de la indiferencia de las autoridades españolas. El idioma oficial en los campamentos es el Árabe, siendo el Árabe Hassanía el dialecto más común. Como segundo idioma los alumnos de primaria y secundaria aprenden español gracias a la presencia de maestros cubanos y a los materiales donados por ONGs españolas.

En la reunión el Ministro nos comentó la necesidad de realizar un estudio de las condiciones de iluminación en las aulas de los colegios, ya que consideran que no son las adecuadas y que pueden repercutir en la salud visual de los niños. Con la colaboración de Ingenieros Sin Fronteras, tenemos previsto abordar este estudio y proponer soluciones que permitan corregir esas deficiencias.

Juan A. Vallés y M<sup>a</sup> Victoria Collados

Dpto. de Física Aplicada  
Facultad de Ciencias.  
Universidad de Zaragoza

sociedad tradicional determinan que las mujeres saharauis disfruten de unas condiciones que no tienen otras mujeres musulmanas en cuanto a la igualdad entre hombres y mujeres en su presencia en sitios privados y públicos o en sus derechos de participación política.

El viaje, aunque breve, y además de una experiencia muy gratificante a nivel humano, nos ha servido para conocer la situación en los campamentos saharauis con vistas a establecer colaboraciones con la participación de alumnos de cuarto curso y egresados del grado de Óptica y Optometría. La visita sirvió para ponernos en contacto con las dos principales organizaciones españolas que colaboran allí en el campo de la cooperación en Salud Visual: Médicos del Mundo y Ojos del Mundo. Ambas están interesadas en una posible participación de alumnos en las comisiones desplazadas a los campamentos. Durante la visita pudimos ver las consultas de Óptica de tres hospitales y un par de talleres de montaje de gafas, donde personal saharauí realiza las labores de optometrista con material donado. Finalmente ha servido para conocer de parte de las máximas autoridades de la RASD algunas otras de sus necesidades, que pueden dar lugar a futuros proyectos de colaboración con la Universidad de Zaragoza.



**POR ANA ISABEL ELDUQUE**

“Debemos iniciar cuanto antes una política nueva de másteres y grados que clarifique el proceso y dé al alumno y a la sociedad la posibilidad de usar las herramientas diseñadas en el Plan Bolonia”.

# **UNA NUEVA POLÍTICA ACADÉMICA**

**E**l curso 2016-17 va a ser el primero de los últimos años en los que no nos tendremos que enfrentar a procesos internos y externos que provocan una alteración grave de la vida universitaria. Solo como recordatorio citaré que en los últimos años nos hemos visto sometidos a una política presupuestaria draconiana traducida en recortes en investigación, en ordenación docente y en profesorado. También hemos estado inmersos en procesos electorales tanto internos, rector, como los que afectan a los gobiernos autónomos, de quienes dependemos orgánica y presupuestariamente. Este curso ha sido distinto. Por ello creo que es buen momento para iniciar de una vez y sin más demoras a tratar una serie de problemas graves que nos acucian.

Los temas en los que podríamos centrar el debate son muchos. Los universitarios actuales nos caracterizamos precisamente por una vi-

sión excesiva a corto, fruto de que es este el planteamiento de trabajo que más nos valoran para nuestro desarrollo profesional. Solo cuestiones enmarcadas en una definición laboral tremendamente estrecha son apreciadas positivamente por cualquier miembro potencial del tribunal correspondiente al que se concurra. El resto no son solo minusvaloradas sino que suponen una crítica y son consideradas pérdidas de tiempo innecesarias. Desgraciadamente, cuanto más cercano se está a la investigación básica, con mayor frecuencia e intensidad ocurre lo anterior. Lo lógico es que esto ocurriera más habitualmente en la investigación aplicada, al entenderse que supone apartarse del camino más corto hacia el único objetivo, pero no es así. Como ya he dicho, para evitar la dispersión temática que nos es muy característica me centraré solo en un asunto que considero de los más perentorios: la ordenación docente en lo que respecta a la política de grados y másteres.

El EEES o Plan Bolonia se va consolidando poco a poco, casi sin darnos cuenta. Ya hay promociones que no han visto otro plan de estudios. Entre los críticos hacia el posible cambio de reparto de créditos entre grado y máster, los famosos 4+1 o 3+2, se escuchan argumentos a favor del 4+1 actual que harían pensar a quien no tuviera un poco de memoria que el mismo forma parte de la idiosincrasia de la universidad española. Hace unos diez años, se oía lo mismo, pero esa vez en contra de la implantación de Bolonia. El argumento sigue siendo el mismo: la reducción de créditos de grado en favor de los de máster supone un encarecimiento del coste de los estudios universitarios, lo cual es una clara discriminación social y atenta a la igualdad de oportunidades. Pero la realidad es tozuda y el problema, que continúa sin abordarse, sigue siendo el mismo. Nada

justifica que los créditos de máster deban ser más caros que los de grado. Durante la vigencia de los planes en los que existían licenciaturas, los últimos cursos de las mismas, 5º y 6º en algunos casos, tenían un coste igual que 1º, 2º, 3º y 4º. El cambio fue originado únicamente por una decisión política, por lo que con otra de la misma naturaleza se podría revertir. El resto de argumentos son excusas de mal pagador. Ningún partido ha realizado propuestas o acciones tendentes a resolver esta cuestión. La posición ha sido siempre reactiva, oponerse a lo que procedía de un ministerio que, bajo el mando de un ministro de infausto recuerdo, decidía únicamente en función de lo que el Ministerio de Hacienda predeterminaba. La realidad de una financiación insuficiente ha anulado el debate y todo se ha reducido a negociaciones entre rectorados y gobiernos autónomos correspondientes para paliar parcialmente la situación.

**“Nada justifica que los créditos de máster deban ser más caros que los de grado”.**

Manifestaciones y marchas de diversos colores, han sido testigos del rechazo, pero también de la impotencia, de medidas de índole únicamente macroeconómico. Como nos lo ha demostrado la experiencia, hay políticos a los que la movilización popular, por muy in-

tensa y mayoritaria que sea, no les apea de sus convicciones y no cejan en lograr los objetivos logrados. Empeñarse en ese tipo de acciones, movilización social y asamblearía frente al poder político, en lugar de aunar a los colectivos implicados presentando alternativas realistas en cada tema concreto, es estéril y agotador. Los eslóganes del 15-M han sido muy recurrentes, certeros en muchas ocasiones, pero no son suficientes para el debate profundo que precisa la universidad española. Y la respuesta de algunas autoridades autonómicas de reducir el coste de la matrícula de los másteres es demostración palmaria de que el coste no es argumento válido.

En lo que respecta a ordenación académica no es esto lo que me parece más importante. Llevamos, como ya he dicho, algún tiempo discutiendo el modo de organizar grado y máster. Parece ser que, aunque hay algunos que todavía no lo saben, estamos en tiempo de descuento del modelo 4+1. Pero acabo de escribir modelo. Y esto sí que es realmente importante. El modelo que implantemos será el que sea, pero la realidad nos está diciendo que el que de verdad se está impartiendo es el 4+0, es decir, no cursar ningún máster. ¿Qué significa realmente 4+0? Pues que hemos transmitido a los alumnos que, además de ser más caro el máster que el grado, es realmente poco interesante, ya que no les aporta nada diferencial a los alumnos, por lo que ¿para qué cursarlo? Y esto, además de ser mentira, es muy grave. No hay que esperar a tener políticas de carácter nacional o global que combatan esta idea



incorrecta. Cada universidad, cada rectorado puede hacerlo de forma inmediata y con bajo coste. Solo hace falta creérselo y ponerse a caminar. Las formas de llevar esto a cabo son varias.

### INFORMACIÓN VERAZ Y CONCIENCIACIÓN

Lo primero es concienciar a los estudiantes de que los graduados no son licenciados, y mucho menos en Europa. En general ven muy poco claro qué estudiar después del grado y, todavía peor, por qué seguir haciéndolo. No hay política integral de comunicación desde el rectorado sobre la importancia crucial de realizar un máster. Ni en aquellas titulaciones que se requiere para acceder a la profesión de forma plena, llamadas profesiones reguladas. Completan sus estudios con todo tipo de formaciones existentes en el mercado, siempre y cuando se ofrezcan de forma atractiva. Es poco reconfortante ver los CV de los titulados con mucho más espacio dedicado a toda una pléyade de estudios de dudosa calidad que a la propia titulación universitaria. Es obligación de la universidad misma poner en valor su trabajo entre sus propios alumnos.

Con respecto a esta cuestión cabe añadir que no solo los graduados no son licenciados, sino que tampoco los másteres de 1 año, o 60 créditos que es la medida real, no son homologados por los equivalentes europeos de 90 o más créditos de forma automática. Es decir, puede darse la paradoja de que nuestros estudiantes cursen un año más de grado y tras el mismo de-

**“Hemos transmitido a los alumnos que, además de ser más caro el máster que el grado, es realmente poco interesante. Y esto, además de ser mentira, es muy grave”.**

ban hacer dos más para obtener el máster en Europa. Sería realmente difícil de explicar.

El segundo colectivo al que hay que concienciar es el de los empleadores. Más de diez años después de haber desaparecido las licenciaturas se puede apreciar en las ofertas de trabajo cómo se solicitan licenciados o equivalentes, titulaciones que hoy ya no se expiden. Pero, desde luego, no es solo culpa de los empleadores el desconocer el alcance real de Bolonia. Los rectorados no han hecho su trabajo de comunicación. Las oficinas de empleo o equivalentes existentes en la mayoría de las universidades no tienen contacto real con el mundo laboral exterior. También es otra obligación de los equipos de gobierno que las oficinas que se crean cumplan sus objetivos, mucho más allá de lo meramente administrativo, y no se conviertan en centros internos de colocación de personal de servicios.

El tercer colectivo al que hay que concienciar es al propio profesorado universitario. En las facultades con mayor carácter investigador, los másteres son considerados como la antesala a la tesis doctoral. Su contenido y grado de especialización se orienta en demasía hacia ese fin. La comunicación a los alumnos de último grado se focaliza en la captación de potenciales becarios, por lo que se descuida al colectivo. Algunas jornadas específicas a lo largo del curso son claramente insuficientes, sobre todo si se llevan a cabo por unos pocos profesores ausentándose de las mismas la gran mayoría, indicativo de la importancia otorgada. De forma análoga, allí donde la actividad investigadora es menos intensa, el interés del profesorado por encauzar a los alumnos a los estudios de máster es muy escaso. Nada justifica que el profesorado haga ese esfuerzo adicional, ya que nada hay de recompensa. Y estas dependen en gran medida de lo que los rectorados decidan.



Podemos seguir la lista de colectivos que deben tener una conciencia clara de qué es y qué no es un grado y un máster, pero acabaré con aquellos que forman a los alumnos antes de que ocupen su sitio en la universidad, es decir, el profesorado de bachillerato. No son ellos los que más información han recibido al respecto y, como no puede ser de otra manera, el mensaje que transmiten a los alumnos es variado y no siempre correcto. El profesorado de bachillerato requiere una especial atención en estos temas ya que no están inmersos en su día a día en el tema y su dispersión es mucho mayor, lo que condiciona y distorsiona la información. Poco o nada se ha hecho para mandar un mensaje coherente al personal de los institutos y colegios con el objetivo de que sus alumnos vengan ya con una idea más correcta de los diferentes niveles educativos superiores. El voluntariado entre algunos profesores, de bachiller y universitarios, vuelve a ser insuficiente. El rectorado debe tomar una política activa coordinada con la Consejería de Educación correspondiente.

### TIPOLOGÍA DE LOS MÁSTERES

La segunda cuestión caliente con respecto al nivel de alumnos que acceden al máster es la propia oferta que hace cada universidad. Se está diciendo acertadamente que las universidades obtendrán mejor o peor calificación en función de la calidad de sus másteres. Pues si realmente se cree esto, poco o nada se está haciendo por

**“Lo primero es concienciar a los estudiantes de que los graduados no son licenciados, y mucho menos en Europa”.**

ponerlo en práctica. La dispersión en número de másteres es casi infinita, la escasa diferenciación entre másteres universitarios, estudios propios y otras figuras no ayuda a la elección de los alumnos. La oferta es totalmente incoherente y falta de criterios claros. La publicidad de determinados estudios que aparece en los medios, voluntariamente publicada o pagada como inserción publicitaria, está ausente de cualquier criterio educativo o docente. Esta no es la vía, la libre competencia entre estudios es un argumento que suena bien, pero la realidad es que es una lucha salvaje por la supervivencia. El rectorado obedece el criterio de que se precisa un mínimo número de alumnos para poder continuar impartiendo el programa, lo cual es loable y lógico. Pero no es labor del rectorado ser un mero enterrador de programas con baja demanda sin involucrarse para nada en la oferta de los mismos. Estos no pueden quedar únicamente a criterio de grupos de profesores colaborando en una misma temática. Es labor del rectorado velar porque los másteres estén

en consonancia con los objetivos superiores de cada titulación, determinando sinergias, eliminando duplicidades, aprovechando recursos, así como facilitando la incorporación de los alumnos. No puede ser un convidado de piedra al banquete. Si no es capaz de marcar unas líneas y límites claros a los másteres propuestos por los centros, así como a sus criterios de aprobación, estará haciendo dejación de una tarea vital. El resultado es que ni 4+1 ni 3+2, solo 4+0.

El pasado verano se volvió a publicar el índice ARWU para el año 2016. Nuestra universidad perdió su posición entre las primeras 500 del mundo, lo cual provocó malestar y desazón, ya que parece que se interpreta como una pérdida de peso a nivel nacional e internacional. Quiero señalar para finalizar este punto que quien quiera valorar la noticia primero lea con atención el informe ARWU (disciplinas consideradas y su evolución individualizada, valoración de las mismas, índice alternativo, etc...) y luego haga los comentarios pertinentes. Los escucha-

dos eran de una superficialidad rayana con una ignorancia temeraria. Pero traer a colación el índice no se debe a su valoración en sí, la cual considero totalmente sesgada hacia unos determinados criterios, sino porque si la exclusión de la UZ de esta pretendida élite causó alarma dentro de poco, tal y como aplicamos nuestro modelo grado-máster, ni las disciplinas que siguen apareciendo en el ARWU año tras año podrán continuar allí. ARWU no es lugar para graduados.

Es preciso, y sin perder más tiempo, hacer una política clara de másteres, definiendo qué objetivos deben ser alcanzados por los alumnos, explicando claramente a todos los implicados, profesores, alumnos, empleadores e investigadores la naturaleza de los másteres y su implicación más allá de las fronteras de nuestro país.

### COORDINACIÓN INTERUNIVERSITARIA

Todo lo hasta aquí comentado se puede llevar a cabo solo con actuaciones del propio rectorado y de los centros. No hace falta que haya una coordinación con otros centros, ni nacionales ni extranjeros. La UZ debe tener capacidad y masa crítica suficiente para comenzar ya a diseñar unos planes de estudio integrales, grado más máster, mucho más atractivos que los actuales. Pero esto no significa que esta labor deba ser realizada de manera aislada. Hay que estar en contacto con el resto de universidades para otros temas que requieren colaboración.

**“El pasado verano se volvió a publicar el índice ARWU para el año 2016. Nuestra universidad perdió su posición entre las primeras 500 del mundo, lo cual provocó malestar y desazón”.**



## Una nueva política académica

La movilidad de los profesionales es un hecho incontrovertible en esta sociedad globalizada. Si es así, ¿por qué no empezar a enseñarla durante el propio proceso educativo? La colaboración con otras instituciones para elaborar y proponer estudios compartidos no se está explotando en todo su potencial. Una vez más, algunos profesores apoyándose en su experiencia profesional y conocimiento personal están pilotando los pocos casos de propuestas interuniversitarias. Pero, nuevamente, los rectorados están totalmente ausentes de dicho proceso de génesis e implantación. Los campus de excelencia entre varias universidades, aun reconociendo que no dejaron de ser un premio de consolación a los excluidos en la primera fase, podrían jugar un papel de catalizador. Tienen entidad jurídica y estructura administrativa, así como, al menos en los proyectos que se presentaron para su constitución, unos fines comunes entre los diversos participantes. Solo falta la voluntad de que sean algo más que un mero cartel vacío de contenido. Su dependencia es única y exclusiva del rectorado.

Si la elaboración de programas conjuntos es un poco compleja y requiere un análisis profundo, lo que es más sencillo es potenciar programas tipo Erasmus para los estudiantes de programas máster. Las universidades españolas están en una especie de carrera acerca de quién aloja en sus aulas más estudiantes del exitoso programa europeo. Lo que ocurre es que esto está restringido casi en exclusiva a nivel de grado. La convalidación de tiempo académico, créditos, debe hacerse al máximo nivel, es decir, por medio de unos criterios de evaluación claros emitidos desde el equipo de gobierno hacia todas las comisiones implicadas.

Estos planes de movilidad estudiantil de corto alcance también deben extenderse al ámbito europeo. En este mundo tan globalizado, la especialización es una de las herramientas de supervivencia que más se emplean en todos los ámbitos. Son los rectorados los encargados de identificar aquellas instituciones cuyas singularidades sean las más compatibles con las nuestras. Volvemos a hablar de la necesidad de una política y estrategia global a medio y largo plazo. Solo el máximo órgano de gobierno puede establecerlas.

**“Debemos iniciar cuanto antes una política nueva de másteres y grados que clarifique el proceso y dé al alumno y a la sociedad la posibilidad de usar nuevas herramientas”.**

.....  
pixabay.com



Fotografía de la Facultad de Ciencias.

Volviendo un poco al principio, el tema del coste de la matrícula de los másteres debe ser también objeto de colaboración interuniversitaria. Las universidades, en este caso a través de la CRUE u otro organismo equivalente, deben proponer al Ministerio y a las Consejerías correspondientes en cada comunidad autónoma una política de precios de la matrícula coherentes con las necesidades de financiación pero sin efecto disuasorio, como ocurre en la actualidad. Los costes de matrícula no pueden duplicarse sin más y los rectores no pueden aceptar que el Ministerio de Hacienda, a través del brazo ejecutor correspondiente, Consejería, implante una política de austeridad y recorte permanente en aras del gran objetivo último del déficit público. Los ahorros, y la universidad también puede hacerlos, tienen muchas formas de aplicarse sin que su incidencia recaiga únicamente en los más débiles.

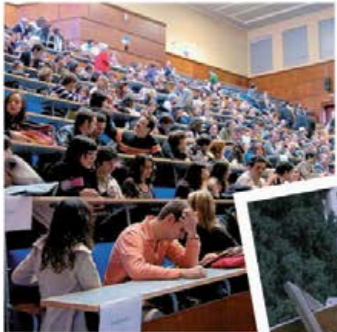
### CONCLUSIÓN

Debemos iniciar cuanto antes una política nueva de másteres y grados que clarifique el proceso y dé al alumno y a la sociedad la posibilidad de usar las herramientas diseñadas en el Plan Bolonia. No se puede seguir pretendiendo que nada ha cambiado y que podemos seguir jugando a la excepcionalidad. El EEES marca tres claros niveles de educación superior y quién no quiera reconocerlo está haciendo un flaco favor a su entorno.

Ana Isabel Elduque  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

*Construyendo...*

*...el Espacio Europeo  
de Educación Superior*



**Grado en Biotecnología**  
**Grado en Física**  
**Grado en Geología**  
**Grado en Matemáticas**  
**Grado en Óptica y Optometría**  
**Grado en Química**

**GRADOS**

**Máster en Biología Molecular y Celular**  
**Máster en Física y Tecnologías Físicas**  
**Máster en Geología: Técnicas y Aplicaciones**  
**Máster en Modelización e Investigación Matemática,  
Estadística y Computación**  
**Máster en Química Industrial**  
**Máster en Química Molecular y Catálisis Homogénea**  
**Máster en Nanotecnología Medioambiental  
(ENVIRONNANO)**  
**Máster en Materiales Nanoestructurados para  
Aplicaciones Nanotecnológicas (NANOMAT)**  
**Máster Erasmus Mundus en Ingeniería de Membranas**

**MÁSTERES**

*¡Matricúlate!*

[ciencias.unizar.es/web](http://ciencias.unizar.es/web)



# EL FASCINANTE MUNDO DE LOS INSECTOS



“Son directos competidores con nuestra especie y aunque, por un lado, nos haga considerarlos como nuestros grandes enemigos, por el otro lado nos producen una tremenda fascinación”.

**POR JUAN MANUEL LANTERO**

## El fascinante mundo de los Insectos

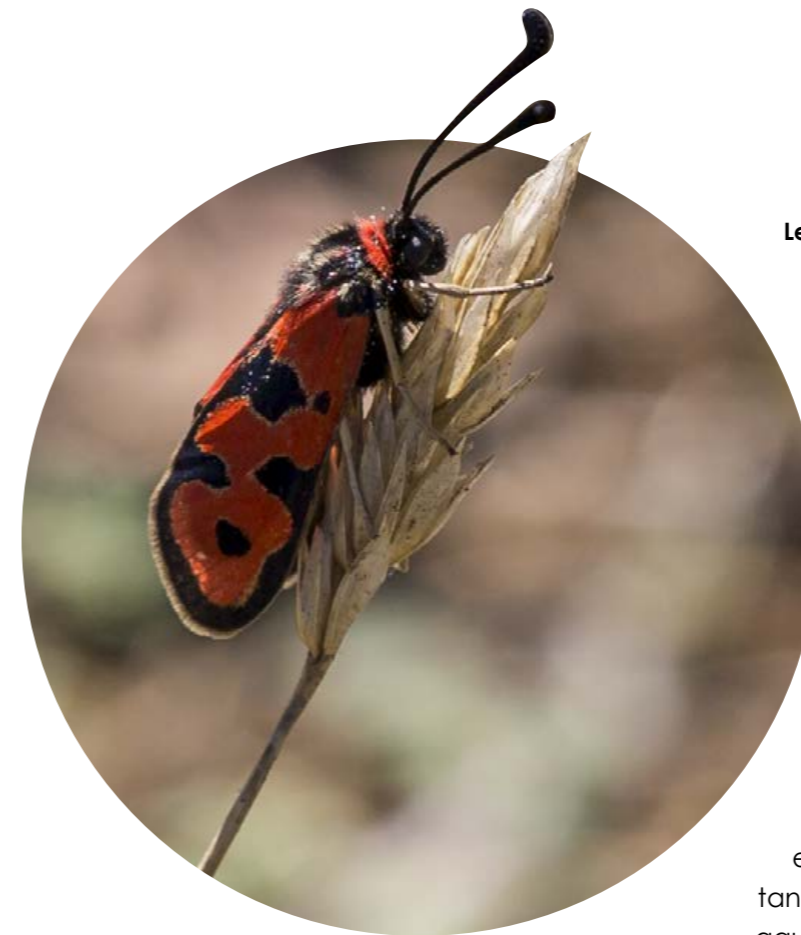
### **E** LOS INSECTOS, LOS REYES DEL PLANETA

Es inevitable para nuestra especie el tratar de compararnos en términos de eficacia o desarrollo evolutivo con el resto de las especies que viven en nuestro planeta. Pues bien, las conclusiones son evidentes, los insectos derrotan al hombre en casi todas sus habilidades y, aún más, los insectos están preparados mejor que el hombre para los cambios climáticos que probablemente van a darse en los próximos años.

Los números no engañan, representan el 85% de las especies animales conocidas. Si además incluyéramos a los vegetales, el 70% de los seres vivos serían insectos. Su éxito es una consecuencia directa de la presencia en su cuerpo de un exoesqueleto (cutícula) quitinoso que les protege de la acción química, climática y mecánica de los agentes externos, pero sin privar-

les de completa movilidad. Este exoesqueleto no es patrimonio exclusivo de los insectos, ya que lo presentan también los otros Artrópodos (Crustáceos, Arácnidos y Miriápodos).

Ese exoesqueleto les permite soportar radiaciones de onda corta (muy mutágenas) de hasta 15 veces superiores a las que un humano puede sobrevivir y además solo se ven expuestos a esas radiaciones en los periodos de ecdisis o muda (es decir, cuando son subadultos). En la parte más externa y delgada de su exoesqueleto existe una capa cérea que les impide deshidratarse con facilidad, lo que les ha permitido colonizar medios desérticos. La mayoría pueden sobrevivir más de un mes sin agua y otros utilizan de forma exclusiva su agua metabólica, es decir, no beben nunca (recordemos que nuestra especie no puede vivir más de tres días sin agua). Por todas estas razones, para muchos biólogos, esta es la era de los insectos.



Lepidóptero  
*(Zygaena (Agrumenia) fausta (Linneo)).*

**“Si este exoesqueleto fuera de una sola pieza, su movimiento sería prácticamente imposible”.**

de el exterior hasta las células internas, se abre al exterior por unos orificios llamados espiráculos que, en algunos de ellos, presentan unas válvulas de cierre que les permiten aguantar la respiración de forma muy eficaz. Este sería el caso de algunos Lepidópteros, como las Zygaenas, que pueden aguantar ¡¡¡horas!!! manteniendo cerrados sus espiráculos, lo que les permite sobrevivir temporalmente en atmósferas contaminantes.

Otros, como es el caso de los Insectos acuáticos adultos (Coleópteros y Hemípteros), presentan sistemas de abundante pilosidad hidrófoba que retiene fácilmente el aire cuando suben a la superficie a respirar, situándose los espiráculos en esta zona pilosa. Otra opción la presentan las larvas acuáticas de diversos grupos de Insectos (Odonatos, Efemerópteros, Plecópteros, etc...), que toman el oxígeno disuelto en el agua a través de unas branquias traqueales o *traqueobranquias* (a veces denominadas branquias secundarias).

Si este exoesqueleto fuera de una sola pieza, su movimiento sería prácticamente imposible. Aquí se produce otra de las características fundamentales de los Insectos, su segmentación: su cuerpo está formado por segmentos que pueden deslizarse sobre los demás, y los mismos segmentos, así como sus apéndices, se encuentran divididos en otros segmentos móviles. Esto hace que su movimiento sea armónico y muy efectivo.

En otras palabras, podríamos decir que se trata del grupo más independiente del clima que podemos encontrar en nuestro planeta y que, por tanto, cualquier modificación del mismo les afectará escasamente.

### ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA

#### Respiración

Son, en general, de pequeño tamaño. Esto se debe a que, por culpa de su exoesqueleto, presentan un sistema respiratorio original, el sistema *traqueal*. El sistema traqueal, conjunto de tubos quitinosos que trasladan el aire des-

#### Alimentación

Presentan una tremenda variedad en sus apéndices, como es el caso de los apéndices de sus aparatos bucales que van desde el masticador (típico de la mayor parte de insectos y de sus larvas), el chupador (típico de Lepidópteros, Hemípteros, Afanípteros y algunos Dípteros) y



Ortóptero Ehipigérido. Obsérvense los espiráculos en los laterales de cada segmento abdominal.

Fotografías por el autor.



## El fascinante mundo de los Insectos

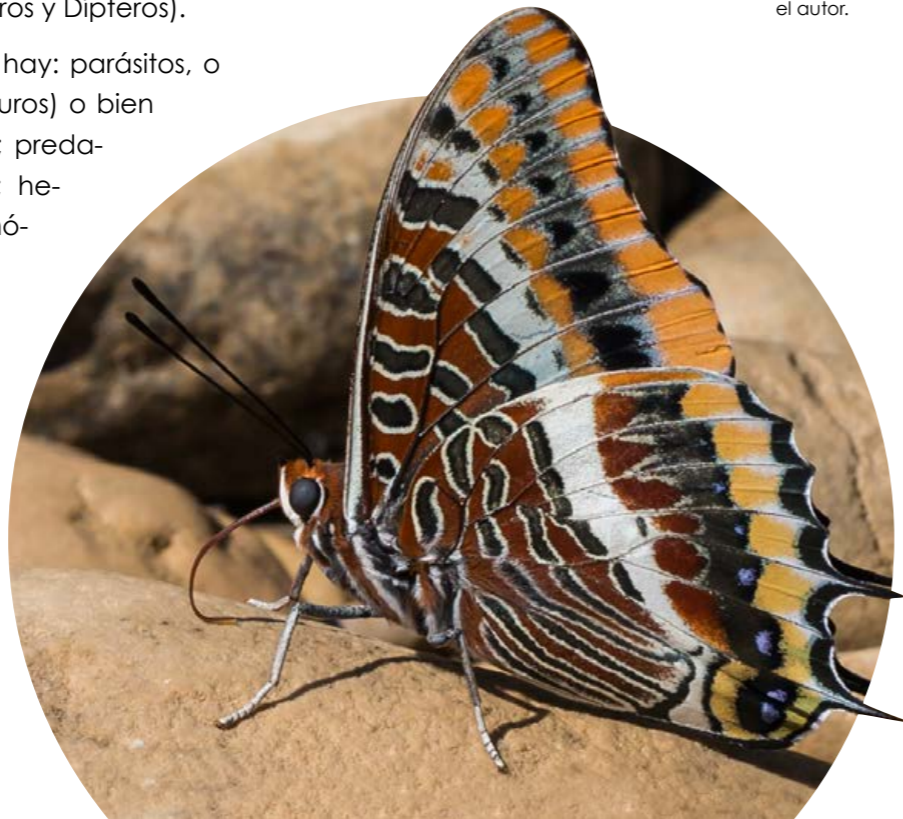
el lamedor (típico de algunos Dípteros) hasta combinaciones de ellos (como es el caso de los Himenópteros o algunos Dípteros, lamedor-masticador).

El funcionamiento de estos aparatos es espectacular. Las mandíbulas les permiten morder cuero, cinc, cobre y plata, pulverizar la madera más sólida o abrirse paso a través de la argamasa. Otros colocan sus mandíbulas al final de un brazo extensible, lo que les permite sorprender a sus presas. Sus picos, pueden perforar con facilidad cualquier tejido animal o vegetal. Otros, son capaces de alargar desmedidamente sus apéndices bucales para chupar el néctar de las flores y, luego, recoger su *espiritrompa* en forma espiralada.

Estos aparatos les permiten tener numerosos hábitos alimenticios:

- Como *saprófagos* los hay: comedores de desechos (Blatoides), comedores de humus (Colémbolos), comedores de estiércol (*coprófagos*, como algunos Escarabeidos), comedores de tejidos vegetales muertos (Isópteros), comedores de tejidos animales muertos (Derméstidos) o comedores de carroña (Califóridos).
- Como *fitófagos* los hay: comedores de hojas (Ortópteros, larvas de Lepidópteros), aradores de hojas (Microlepidópteros y Agromícidos), taladradores de tallos y hojas (Cerambícidos, Notodóntidos), comedores de raíces (Escarabéidos y Ortópteros), productores de agallas (Cinípedos), chupadores de jugos (Cicadélidos, Áfidos) o comedores de hongos (micetófagos, como algunos Coleópteros y Dípteros).
- Por último, como *zoófagos* los hay: parásitos, o bien sobre vertebrados (Anopluros) o bien sobre insectos (Icneumónidos); predadores (Redúvidos, Carábidos); hematófagos (Culícidos); o entomófagos (Mántidos).

Una gran cantidad de insectos son herbívoros cuando adultos, y la mayoría lo son en sus estadios larvarios. Esta característica, sumada a la especificidad que generalmente presentan los insectos con respecto a su dieta (la mayoría son estenófagos), les liga



**“Presentan tres ojos simples y dos compuestos o multifacetados, compuestos por hasta 30.000 lentes hexagonales”.**

.....  
**Lepidóptero (Charaxes jasius (Linneo)).**  
Su aparato bucal en forma de *espiritrompa*, le permite acceder a los nectarios profundos de algunas flores para alimentarse.

Fotografías por el autor.



**Ortóptero (Calliptamus barbarus (Costa)).**  
El tercer par de apéndices torácicos de los Ortópteros se transforma en patas saltadoras (arriba).

**Mántido (Mantis religiosa Linneo).**  
El primer par de apéndices torácicos de los Mántidos se transforma en patas prensoras (abajo).

.....

especialmente a la distribución de sus plantas nutricias, las cuales a su vez están condicionadas en su distribución por los factores climáticos. En otras palabras, existe una clara coevolución y codistribución entre plantas e insectos.

### APÉNDICES Y ÓRGANOS EXTERNOS

Sus apéndices locomotores (patas), en número de seis, están en muchos casos modificados para alguna función específica (por ejemplo, la pata excavadora de los Grillotopos, o la abrazadora de las Mantis, o la saltadora de los Ortópteros, o la recogedora del polen de los Himenópteros).





Díptero Tabánido.  
Sus enormes ojos compuestos nos indican una visión avanzada.

Fotografías por el autor.

**“Hoy sabemos que muchos insectos reconocen su planta nutricia por las sensilas de sus palpos y de sus patas”.**

Presentan tres ojos simples y dos compuestos o multifacetados, compuestos por hasta 30.000 lentes hexagonales, que funcionan independientemente cuando hay luz abundante (de día) y agrupados cuando hay poca luz (de noche), que les permiten ver extraordinariamente bien y detectar hasta los más mínimos movimientos de traslación en un objeto móvil. Los ojos más grandes se encuentran en los Insectos voladores (p.ej. Libélulas o Tábanos). Parecen capacitados muchos de ellos para distinguir los colores (como es el caso de los insectos polinizadores) y también para detectar las radiaciones ultravioletas. Esto último se ha comprobado con algunas polillas, atraídas intensamente por lámparas ultravioletas.

Sus antenas son centros sensoriales capaces de detectar numerosas sensaciones (tacto, gusto, oído, olfato, etc...) y sus abundantes sensilas, distribuidas por todo el cuerpo, los hacen ser extremadamente sensibles a muchos factores. Hoy sabemos que muchos insectos reconocen su planta nutricia por las sensilas de sus palpos y de sus patas. Por ejemplo, algunas mariposas reconocen una debilísima concentración de azúcar en agua con solo humedecer sus patas. Las antenas pueden permitirles reconocer a otro

congénere simplemente con tocarlo, aunque algunas han llevado esta capacidad hasta el extremo, pudiendo detectar a una hembra a kilómetros de distancia, como es el caso de los machos de muchas polillas (de ahí el enorme tamaño de sus antenas).

Su oído está poco estudiado, pero se ha comprobado que muchos de ellos son muy sensibles (es evidente en todos aquellos que emiten ruido) llegando incluso algunas polillas a oír los ultrasonidos emitidos por los murciélagos, a distancias de 30 metros o más, escapando así de ellos. Sus órganos timpánicos se sitúan generalmente en el tórax, o en el primer segmento abdominal, y cada uno de ellos no es más que una cavidad cubierta por una delgada membrana conectada al sistema nervioso por un nervio timpánico.

Relacionado con este órgano está la capacidad de emitir sonidos por parte de los insectos. Sus “cantos”, a veces complejos, son emitidos generalmente por los machos para atraer a las hembras, a veces a distancias considerables (Grillotopo). La emisión de sonidos va desde la *percusión* de una parte del cuerpo contra una superficie externa, a la *vibración de las alas*, a la utilización de *órganos estridulantes*, hasta la creación de *órganos especiales complejos*. En el primer caso, un ejemplo típico es el de las carcomas (Anóbidos) que golpean su cabeza contra la madera, produciendo el característico ruido nocturno por el que son conocidos como “relojes de la muerte”.

En el segundo caso, la vibración producida por las alas al batir, o bien en el suelo o en el aire, producen zumbidos o estridulaciones

diversas que dependen de su forma y de la frecuencia del batido.

Los órganos estridulantes pueden funcionar de dos maneras, por una parte activa y otra pasiva, o bien por dos partes activas que rozan entre sí. El primer caso es típico de los Ortópteros Caelferos (saltamontes), que presentan una especie de órgano raspador en la cara interna de sus fémures, que al ser movidos y rozar sobre los tégmenes (1<sup>er</sup> par de alas endurecidas) del animal, dan lugar a su característico sonido. También sería el caso de algunos Hemípteros Heterópteros (chinchas) que rozarían su pico contra un órgano torácico ventral. El segundo es típico de los Ortópteros Ensíferos (grillos), en los que el sonido es producido por el rozamiento de los tégmenes entre sí. Su canto es la repetición de una nota unas 200 veces por minuto. Se ha descubierto que algunos de ellos son capaces de emitir hasta ultrasonidos



.....  
**Hemíptero Homóptero (Cicada sp.).  
Con su órgano fonador produce el característico ruido que ameniza nuestros días cálidos de verano.**

(Decticus). Algunos aprovechan con éxito sus propias construcciones para hacer que su sonido se amplifique de manera extraordinaria, y así se oiga a mayores distancias (p.ej. Grillotopo).

El caso más desarrollado es el del órgano fonador de las cigarras, propio de los machos, formado por dos órganos situados ventralmente en el primer segmento abdominal, cada uno con una membrana denominada *timbal* asociada a una caja de resonancia interna que, cuando vibra, produce el sonido característico de las cigarras.

Por último, un caso excepcional es el de la mariposa calavera (*Acherontia atropos*), que chillaba de forma parecida a un ratón al hacer pasar el aire a través de un estrecho orificio entre su epifaringe y faringe.

**“A las horas de mayor calor, los ortópteros se colocan de manera que reciben la menor cantidad de rayos solares y se despegan del suelo colocándose de puntillas”.**

### Luminiscencia

Si bien existen otros grupos animales capaces de producir luz (Celentéreos, Peces, etc...), los Insectos presentan los órganos luminosos más complejos y eficientes.

Su producción de luz va desde la producida por bacterias fosforescentes (larvas de Lepidópteros), pasando por la débil luminiscencia metabólica (Colémbolos), hasta la originada

por órganos especiales. Los órganos luminosos están constituidos fundamentalmente por un estrato de células adiposas modificadas, por debajo de la epidermis y recorrido por numerosas tráqueas entre las células y los nervios, denominado *estrato fotógeno*. Hacia el interior, se disponen más células adiposas rellenas de productos úricos (bases púricas, xantina, uratos), opacos, que constituyen el *estrato reflectante*; el tegumento que recubre al órgano es más o menos transparente. Las células del *estrato fotógeno* contienen dos sustancias *luciferina* y *luciferasa* que van a ser las causantes de la producción de luz. La primera, en presencia de la segunda, se oxida a *oxiluciferina*, liberando en el proceso energía luminosa.

La mayor parte de los Insectos con luz pertenecen a los Coleópteros (Lampiridos, Elatéridos y Cantáridos) y sus órganos luminosos pueden aparecer desde en la cabeza hasta en el final del abdomen. La singularidad de su luz, que puede ser emitida de forma intermitente o continua, es su rendimiento luminoso, que es el más elevado de los conocidos, oscilando entre un 1,87 y un 95% (en una bombilla de filamento de tungsteno es de un 5,5%); esto va ligado a una mínima dispersión de calor (inferior a 0,001°C). El significado de la emisión de luz parece estar ligado a varios comportamientos, por ejemplo la atracción del otro sexo (la luciérnaga hembra sincroniza su frecuencia de destello con el macho hacia el que se ve atraída), o como trampa para sus presas.

**“Estamos tratando de animales euritermos, es decir, de gran resistencia a los cambios de temperatura, ya que pueden congelarse temporalmente y luego, con el aumento de temperatura, volver a su actividad”.**

### Resistencia al frío y al calor

Muchos presentan gran resistencia a los climas extremadamente fríos, donde solo algunas bacterias y algas pueden vivir. Otros, como la Langosta del desierto (*Locusta migratoria*) y algunos coleópteros (Tenebriónidos), pueden sobrevivir en ambientes extremadamente cálidos y sin agua, gracias a la capacidad de reabsorber toda su agua intestinal a través del recto. Esto, sumado a que son capaces de vivir sin beber agua (la obtienen por vía metabólica), les permite colonizar los desiertos terrestres. Por otro lado, su exoesqueleto les hace perder muy escasas cantidades de agua (solo los reptiles, también con esqueleto externo escamoso, pueden intentarlo, pero con menor éxito ya que son fundamentalmente crepusculares o nocturnos). El caso más impresionante de resistencia conocido lo presentan las larvas de un díptero Quironómido (*Polypedilum*) a las que, después de mantenerlas tres días a -190°C, se las recalentaba un minuto a 102°C y sobrevivían.

En todo caso, estamos tratando de animales euritermos, es decir, de gran resistencia a los cambios de temperatura, ya que pueden congelarse temporalmente y luego, con el aumento de temperatura, volver a su actividad. Son poiquilotermos, es decir, no controlan su temperatura interna, por tanto necesitan recibir una energía del exterior para poder realizar sus actividades. La carencia de regulación

térmica es suplida por los insectos por un termotactismo, es decir, la capacidad de escoger un ambiente adecuado desde el punto de vista térmico. Es por este motivo (como en el resto de animales poiquilotermos) por lo que son el grupo más abundante (con enorme diferencia del resto) en lugares del planeta donde la temperatura permanece más o menos estable durante todo el año, es decir, en los trópicos. Calor y humedad parecen



Ortóptero (*Oedipoda caerulescens* (Linneo)). Al colocarse “de puntillas” se separa del suelo y recibe menos calor.

Fotografía por el autor.

## El fascinante mundo de los Insectos

haber sido los factores climáticos más implicados en la diversificación (biodiversidad) de los insectos.

Muchos insectos adoptan comportamientos diferentes según la cantidad de energía que les llega, así es típico de los ortópteros que, a primeras horas del día, se colocan de forma que reciben la mayor parte de los rayos solares y sin embargo a las horas de mayor calor (que además se refleja en el suelo) se colocan de manera que reciben la menor cantidad de rayos solares y se despegan del suelo colocándose de "puntillas" para alejarse lo más posible del calor del mismo.

El factor temperatura es, probablemente, el más determinante en los insectos sociales, que

lo tratan de controlar en el interior de sus "nidos". Así, las abejas melíferas mantienen en verano sus colmenas a unos 35°C. Si la temperatura sobrepasa este punto, las obreras se dirigen a la entrada de la colmena y, batiendo sus alas, establecen corrientes de aire para enfriarla. Otras traen agua, que dejan caer sobre el panal para refrescarlo. En invierno, es el calor metabólico de los insectos lo que mantiene a la colmena por encima de una cierta temperatura.

Este es uno de los factores que más preocupan actualmente a los biólogos ya que, según los datos con los que contamos, el cambio que se está produciendo en nuestro clima si bien provocará cambios extremos en algunas de las zonas del planeta, en otras (que incluirían a la

nuestra) se va a producir un aumento gradual de la temperatura y una desaparición de las estaciones anuales, tal y como hasta ahora se producían, lo que seguramente permitirá el acceso y la instalación de algunos insectos tropicales en zonas paleárticas, que hasta ahora les estaban vedadas como es el caso de nuestro país.

### Sistema nervioso y comportamiento

Presentan un sistema nervioso ganglionar de tipo escalariforme, que les permite el aprendizaje y no solo un comportamiento innato. Este aparentemente primitivo y simple sistema les permite comportamientos de una extrema complejidad, como los rituales de cortejo previos a la cópula. Por ejemplo, muchos Lepidópteros, cuando se encuentran, empiezan un ritual de baile aéreo que les permite discriminar si el otro individuo pertenece a la misma especie o al mismo sexo. Una vez identificado, el ritual de cortejo continúa en el aire y en el suelo hasta que, si el cortejo es correcto, se produce la cópula. Aunque sean predecibles generalmente, en algunos casos estudiados aparecen grupos con comportamientos distintos cuya única justificación sería la del aprendizaje. Hemos visto en el laboratorio que son capaces de ser amaestrados y aprender mediante el proceso estímulo-respuesta.

**“Muchos Lepidópteros, cuando se encuentran, empiezan un ritual de baile aéreo que les permite discriminar si el otro individuo pertenece a la misma especie o al mismo sexo”.**

Por ejemplo, hoy sabemos que las madres tijeretas (Dermápteros) no solo no se desentendían de su puesta una vez realizada sino que la cuidan hasta la eclosión de sus larvas y, más aún, siguen cuidándolas más tarde, proceso en el que parece que les enseñan el tipo adecuado de alimento y su búsqueda.

Otro impresionante caso, en el que existe un complejo entramado de comportamientos, es el de algunos Geométridos. En algunas especies de este grupo, las hembras son ápteras y sus feromonas tan potentes que no necesitan volar para que los machos voladores las encuentren fácilmente. Pues bien, en una especie, sus feromonas son tan potentes que el macho las huele cuando la hembra todavía se encuentra dentro de su capullo de seda (antes de salir al exterior). El macho no solo capta a la hembra virgen sino que también detecta su posición, de manera que sabe en qué lado del capullo se encuentra su aparato genital. A continuación, rompe levemente el capullo para introducir su abdomen y copular con la hembra (que sigue dentro del capullo). Una vez fecundada esta, el macho se va, cerrando la abertura que el mismo realizó y la hembra procede a poner sus huevos dentro del capullo. Lo más impresionante viene a continuación, ya que las pequeñas larvas surgen de sus huevos y la primera comida que realizan protegidas por el capullo de su madre es ¡¡¡¡¡ella misma!!!!

Otro ejemplo de su capacidad de cambio es el de las avispas, que en verano detectan al coche que acaba de aparcar por el calor del motor y que, por tanto, tendrá cantidades más o menos grandes de insectos atropellados en su frontal, al que se dirigen raudas para alimentarse de ellos (pensemos que cuando las avispas surgieron no había nada parecido a un coche). El caso de las larvas de las hormigas león es también espectacular. La confección de su embudo-trampa ya de por sí es de tremenda complejidad, como lo es también su capaci-



## El fascinante mundo de los Insectos

dad para lanzar arena por delante de su presa, haciéndola resbalar hasta el fondo del embudo. Una vez alimentadas de sus presas, colocan sus restos encima de su cabeza y, mediante un movimiento de látigo, los lanzan a gran distancia, para así no ahuyentar a otras posibles víctimas.

### Reproducción y metamorfosis

La reproducción de los insectos es generalmente ovípara, y casi todos son dioicos con merogamia anisógama. Esto implica la fertilización del óvulo por el espermatozoide. El óvulo fecundado se transforma en huevo, que generalmente es expulsado al exterior y del que, tras una fase de incubación variable (desde horas a meses), emerge el insecto en estado juvenil. Los huevos pueden ser puestos aislados o en grupos, fijados o no a un soporte que es, en general, la planta o el animal hospedante, o bien insertados dentro de los tejidos. Algunas hembras (Hemípteros Belostomátidos) ponen los huevos en el dorso de los machos, que los

transportan hasta su eclosión. Otros los depositan juntos, protegidos en ootecas que pueden ser de varios tipos (ej. Mantidos).

Existen otros tipos de reproducción, que vamos a citar sucintamente:

- Viviparidad: el desarrollo embrional se completa en el interior del cuerpo de la madre, con lo que surgen de esta las larvas o ninfas directamente (Muscidos, Hippoboscidos, Pupíparos, etc..).
- Partenogénesis: es el fenómeno por el cual los huevos se desarrollan sin la fertilización, no necesitándose la intervención del macho en este tipo de reproducciones. Este tipo de reproducción puede coexistir con la bisexual (pulgones) o no. Los individuos nacidos partenogénicamente pueden ser diploides o haploides. Y la partenogénesis puede dar lugar a solo hembras (*telitoca*), solo machos (*arrenotoca*) o machos y hembras (*deuterotoca*) (Tisanuros, Fásmidos, Ortópteros, Isopteros, Himenópteros, Afidos,...).



www.qbn.com



laescaleradeiakob.blogspot.com.es

- Pedogénesis: es muy rara. Se fundamenta en que insectos inmaduros (larvas) tienen ovarios funcionales. En este caso los huevos se desarrollan por partenogénesis (Cecidómidos, Quironómidos, algún Coleóptero).
- Poliembrionía: consiste en la producción de más de un embrión por cada huevo. Se da casi exclusivamente en himenópteros parasitoides.
- Hermafroditismo: en este caso el individuo se fecunda a sí mismo, ya que sus gónadas producen óvulos y espermatozoos. Es el caso de un Coccido: *Icerya purchasi*.

El mecanismo de la *metamorfosis*, es decir, la modificación corporal a lo largo de la vida del animal, no es único de los insectos, pero ellos lo han llevado a la máxima perfección pues han conseguido que, a lo largo de las etapas de su metamorfosis, puedan tener diferente tipo de alimentación, de manera que así no compiten tróficamente consigo mismas como especies.

Encontramos dos tipos de metamorfosis en los insectos (descartando el tipo primitivo de los apterigotas), la completa que pasa por los estadios de huevo, larva, pupa y adulto, y que define a los insectos que la presentan como *Holometábolos*, y la incompleta,

**“Los insectos se hallan bien adaptados para el género de vida que llevan y el ambiente en el que se desenvuelven”.**

## El fascinante mundo de los Insectos

en la que falta el estadio de pupa y que define a los insectos que la presentan como *Hemimetábolos*.

Pues bien, los insectos suelen aprovechar la permanencia en las fases más resistentes de su metamorfosis (huevo y pupa) para hacer frente a situaciones climáticas adversas (la mayoría hibernan en esos estadios).

### Adaptaciones de los Insectos

Dentro de su asombrosa variedad, los insectos se hallan bien adaptados para el género de vida que llevan y el ambiente en el que se desenvuelven. Algunas de sus adaptaciones más interesantes son las relacionadas con el camuflaje o *mimetismo* (arte en el que son maestros) y la *ostentación*.

En el caso de la *ostentación*, al igual que otros muchos grupos animales, los insectos

peligrosos (por su veneno o por su toxicidad) presentan colores intensos, fácilmente observables por sus posibles depredadores (principalmente pájaros). Sus coloraciones son originadas por unos pigmentos (melaninas, pterinas y carotenoides) localizados en la cutícula, en la epidermis o en el tejido adiposo. Estas melaninas (las mismas que hay en las plumas de las aves o en el pelo de los mamíferos), según su grado de oxidación, producen coloraciones que van desde el amarillo al negro. Las pterinas (típicas de Lepidópteros) son fluorescentes y producen coloraciones desde el blanco hasta el rojo brillante, pasando por el amarillo y el

**“El fenómeno migratorio se debe a diversas causas dentro del mundo animal, pero las más importantes son las climáticas”.**

anaranjado. Los carotenoides son pigmentos sintetizados por las plantas y que, ingeridos por los insectos, pasan al tegumento y producen colores amarillos, anaranjados y rojos.

En algunos de ellos (Fásmidos, Mántidos), los gránulos de pigmento pueden dilatarse y contraerse bajo influencias hormonales, creando variaciones de color.

Por último, los colores metálicos, brillantes y frecuentemente variables según el ángulo de observación (p.ej. Lepidópteros y Coleópteros), son debidos a la estructura de la cutícula (relieve, pelos o escamas) y de sus apéndices.

En el caso del camuflaje, también llamado *mimetismo*, podemos encontrar dos tipos:

- El llamado *mimetismo fanérico*, por el que una especie imita a otra en la forma, color o actitudes que, según las actitudes defensivas de las diversas especies, se separa a su vez en *batesiano* y *mülleriano*.

El *batesiano* es aquel en el que una especie no protegida imita a otra provista de órganos defensivos, de esta forma la primera se beneficia del temor o repugnancia que la segunda induce en los depredadores (Ej. Heterópteros y Coleópteros que imitan a hormigas, Lepidópteros que imitan a Himenópteros o a otros Lepidópteros repugnantes, etc.).

El *mülleriano* es cuando dos especies se imitan entre sí, estableciendo una mutua defensa frente a los depredadores (más raro, en Lepidópteros).

Algunos autores distinguen un tercer mimetismo, el *parasitario*, por el que algunos parásitos imitan a las especies que parasitan (p.ej. Sífidos sobre Apidos y Vespidos).

- El otro mimetismo se denomina *críptico*, y se produce cuando el insecto se esconde a nuestra vista asimilándose al ambiente en el color (*homocromía*), o en la forma (*homomorfismo*), o en ambos.

Este, a su vez, puede ser temporal (ej. reverso alas de Vanesas, o Geométridos y corteza árboles) o permanente (típico de Fasmidos, Mántidos y Hemípteros).

Otra adaptación típica de los insectos son los ciclos estacionales. Mientras que el ciclo vital es el desarrollo del individuo de huevo a huevo, el estacional es el total de ciclos vitales sucesivos (o generaciones) que se presentan a lo largo del año, de invierno a invierno.

En los insectos encontramos dos tipos de ciclos estacionales, aquellos que presentan *generaciones repetidas* y aquellos que presentan *alternancia de generaciones*.

Los que presentan *generaciones repetidas*, sus ciclos vitales sucesivos son prácticamente iguales. Por ejemplo, una mosca doméstica puede presentar muchas generaciones, en un solo verano, cada una de las cuales dura entre 4 y 5 semanas, todas ellas iguales morfológicamente hablando y con los mismos hábitos.

Por el contrario, los que presentan *alternancia de generaciones*, cada una presenta, o bien características morfológicas distintas, o bien métodos de reproducción distintos, o hábitos distintos (p.ej. Afidos, Cinípedos, Lepidópteros, etc.).

Otra adaptación de los insectos, que comparten con otros grupos animales, es el de las *Migraciones*.

**“Otra de las adaptaciones clásicas de los insectos es que los individuos que viven en climas más fríos presentan coloraciones negras en su mayoría”.**

Díptero (*Eristalis tenax* (Linneo)).

Los Sífidos son un grupo de Dípteros que se mimetizan con los Himenópteros (abejas y avispas).

Fotografía por el autor.



## El fascinante mundo de los Insectos

El fenómeno migratorio se debe a diversas causas dentro del mundo animal, pero las más importantes son las climáticas (escapar de las situaciones climáticas extremas) o las alimenticias (buscar nuevos lugares para alimentarse) y, sobre todo, afecta a animales herbívoros (aunque algunos carnívoros migran con ellos).

Los grupos migradores pueden ser homogéneos (una especie) o heterogéneos (varias especies). Los grupos de insectos más migradores son los Ortópteros y los Lepidópteros. Hoy sabemos que los primeros relacionan la migración con el gregarismo, y sus direcciones de marcha están ligadas a condiciones climáticas (aunque su causa inicial sea alimenticia) (p. ej. grado de humedad).

En Lepidópteros la mayor parte de las migraciones suceden de sur a norte en periodo estival, pero la más conocida es la que realiza la mariposa monarca (*Danaus plexippus*). La mariposa monarca migra a finales del verano y comienzos del otoño desde Norteamérica (la población más importante al este de las Rocosas) hacia Méjico, e incluso puede ser arrastrada

**“La mayoría de los insectos llevan una vida independiente entre sí, incluso dentro de la misma especie, exceptuando, claro está, durante el periodo reproductor”.**

**Ortóptero (*Locusta migratoria* (Linneo)). Estas langostas son muy móviles y vuelan con el viento a una velocidad de 15-20 km/h; los enjambres pueden recorrer entre 5 y 130 km o más en un día.**

Fotografías por el autor.



**Lepidóptero (*Erebia meolans* (de Prunner)). Las mariposas de este género son todas negras pues su hábitat de montaña les obliga a calentarse rápidamente.**



por el viento hasta las costas europeas atlánticas y Canarias. Allí permanece durante el invierno persistiendo gracias a sus reservas grasas. En primavera retorna de nuevo hacia Norteamérica. Al comienzo del camino, las hembras ovopositan, siendo sus descendientes los que continúan la migración. Se necesitan de 3 a 5 generaciones para alcanzar sus lugares de estivación. Otra población menor, al oeste de las Rocosas, migra hasta California y otra todavía menor al este, entre los Grandes Lagos y el Atlántico, migra hasta Cuba.

Esta migración de unos 6.000 kilómetros la realiza en unas 6 semanas, viajando a unos 120 a 160 km/día, según el viento, porque si este es favorable pueden viajar a 250 - 300 km/día.

Otra de las adaptaciones clásicas de los insectos (no exclusiva del grupo) es que los individuos que viven en climas más fríos presentan *coloraciones negras* en su mayoría. Esta adaptación es lógica, pues esa coloración absorbe las radiaciones solares y permite calentarse más fácilmente y más rápidamente al individuo (el ejemplo más típico es el género *Erebia* dentro de los Lepidópteros). Las escamas de las mariposas y los pelos de todos ellos encierran un sutil espacio de aire que funciona como cámara aislante térmica, lo que les permite mantener una temperatura de unos 10°C por encima de la ambiental. Algunos insectos hirsutos, como los Odonatos y los Ortópteros, consiguen el aislamiento a través de unos “sacos aéreos” (expansiones del sistema traqueal que se sitúan por debajo de la cutícula del tórax). Las contracciones musculares (fundamentalmente de los músculos alares) también les sirven para aumentar la temperatura (algo parecido a nuestro titiritar), de manera que se ha comprobado, en algunos de ellos, una diferencia entre tórax y abdomen de 10°C.

**“En Lepidópteros la mayor parte de las migraciones suceden de sur a norte en periodo estival”.**

## El fascinante mundo de los Insectos

Algunos insectos, por ejemplo las cucarachas, son capaces de adaptar su metabolismo a la temperatura ambiente, de manera que, al cabo de poco tiempo, pueden soportar condiciones de temperatura que serían incapaces de aguantar en su ambiente original.

Otra adaptación de los insectos a condiciones climáticas especiales, en este caso el viento, es la reducción, e incluso desaparición, de sus apéndices alares. Esta adaptación es típica de los insectos insulares pues, el ser arrastrados por el viento, puede significar su muerte.

### GREGARISMO Y VIDA SOCIAL

La mayoría de los insectos llevan una vida independiente entre sí, incluso dentro de la misma especie, exceptuando, claro está, durante el periodo reproductor.

En ciertas especies, en cambio, los individuos pueden reunirse en grupos más o menos numerosos: La causa de tales agrupamientos pueden ser varias (microclimas, plantas hospedantes, protección en el grupo, etc...). Esto constituye el gregarismo no social.

### Indicios de sociabilidad (Gregarismo)

Algunas especies (por ejemplo, Dermápteros), como ya hemos comentado antes, dispensan un cuidado maternal a sus larvas (periodo durante el cual permanecen juntas). Este caso de gregarismo temporal podría ser el precursor de las demás formas de vida social.

En otros, como es el caso de varios Lepidópteros y de Áfidos, las larvas, nada más eclosionar, producen un nido de seda densa que les permite protegerse de los depredadores y de las inclemencias climáticas (ejemplo. Malacosoma, Thaumetopoea, etc...), dando lugar al fenómeno de las larvas sociales.

Por último observamos, dentro del fenómeno del gregarismo, el llamado desarrollo comunitario, muy cercano al fenómeno de la vida social.

Por ejemplo, los Ortópteros presentan una alternancia de generaciones gregarias y solitarias de determinismo muy complejo. Su fase gregaria es la que coincide con el fenómeno de plaga.

Muchos Embiópteros son gregarios durante parte de su existencia y algunos Blatoideos van un paso más allá, pues forman colonias familiares muy próximas al modelo de vida social. Hoy sabemos que esta vida colonial permite a los individuos, después de mudar, la ingesta de excrementos frescos de sus congéneres, cargados de los protozoos capaces de destruir la celulosa de la que se alimentan. En otras palabras, si no viviesen en colonias, morirían.

### Vida social

Las especies que viven en sociedad son de enorme importancia biológica, no solo desde el punto de vista ecológico sino también desde el etológico. De hecho, la moderna Sociobiología, propuesta por E.O. Wilson, se fundamenta en los conocimientos que dicho investigador tiene de los insectos sociales (Formícidos). Las especies sociales for-

**“En el caso de varios Lepidópteros y de Áfidos, las larvas, nada más eclosionar, producen un nido de seda densa que les permite protegerse de los depredadores y de las inclemencias climáticas”.**



Wikimedia Commons

man o bien sociedades homogéneas, constituidas por los descendientes de una única pareja (sociedad monogénica), o de diversas parejas (sociedad poligénica), capaces de originar, en el curso de un número ilimitado de generaciones, familias de millones de individuos.

Solo hay sociedades en dos grupos de insectos, en los Isópteros (termitas) y en los Himenópteros (Formícidos, Ápidos y Véspidos). De ellos, algunos forman sociedades anuales (su vida se desarrolla durante la estación favorable (ej. avispa y bombo), otros, las forman plurianuales (ej. hormigas, abejas y termes) que perduran durante años o, incluso, decenios.

En todos ellos se da un polimorfismo unisexual (de uno o de ambos sexos), que generalmente conduce a una (o varias) castas estériles (mayoría) y a una casta fértil (minoría). Las castas estériles pueden ser de un solo sexo, femenino (hormigas, avispa y abejas), o de ambos sexos (termes). No son por tanto, como se dice a menudo, neutros, sino sexuados que han sufrido una castración fisiológica.

La forma más simple la presentan los Ápidos del género *Halictus*. La hembra construye celdas de alojamiento para las larvas y ella misma las alimenta. Una vez nacidas las jóvenes hembras ayudan a la madre con el nido (alimentación y





**“En los Formícidos (hormigas), después del vuelo nupcial, la hembra pierde sus alas y el macho muere (sociedad matriarcal)”.**

defensa), pero mantienen capacidad reproductora y se comportan independientemente con respecto a la reproducción.

Los Isópteros (termites) forman sociedades conyugales excavadas en madera o construidas a partir de productos masticados. Macho y hembra (alados) pierden sus alas tras el vuelo prenupcial, tras el cual copulan y construyen un nido (*epigeo* o *hipogeo*). La pareja fundadora sobrevive hasta la desaparición de la primera generación filial y alimenta a sus crías con saliva, secreciones (procedentes de reservas adiposas y músculos alares) y parte de los huevos. En los grandes nidos puede haber más de una pareja real (sociedad poligénica).

En los Formícidos (hormigas), después del vuelo nupcial, la hembra pierde sus alas y el macho muere (sociedad matriarcal). La hembra da lugar a una o varias castas de hembras estériles (obreras, soldados,...). Se da el parasitismo social, que puede ser de tipo *conciliativo* (la reina parásita se hace adoptar por las obreras después de asumir su olor) o *agresivo* (la reina parásita mata a la del nido hospedante). También se da el esclavismo.

Las avispas sociales y los *Bombus* se caracterizan porque sus colonias son anuales, sus obreras, hembras, son estériles y aladas y de menor tamaño que la reina. En otoño solo se producen machos y hembras sexuales que se dispersan, copulan, el macho muere y la hembra hiberna para, en primavera, formar una nueva colonia.

Por último, las abejas melíferas forman colonias perennes gracias al almacenaje de alimentos, que les permiten pasar el invierno. Construyen nidos de cera (panales), parte de los cuales se destinan a la cría y parte al almacenaje de miel.

Las abejas forman también sociedades matriarcales, formadas por hembras. Una fértil (la reina) y miles estériles (obreras). Los machos aparecen una vez al año. La reina es fecundada en su vuelo nupcial y no pierde sus alas. Cada año, alguna de las reinas jóvenes abandona la colonia con parte de las obreras (enjambres) para formar una nueva colonia.

### CONCLUSIÓN

Todas estas características anatómico-fisiológicas les dan una tremenda ventaja sobre los demás animales que colonizan nuestro planeta. Por este motivo

son directos competidores con nuestra especie y aunque, por un lado, nos haga considerarlos como nuestros grandes enemigos, por el otro lado nos producen una tremenda fascinación.

Juan Manuel Lantero

Miembro del Senatus Científico  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza



Himenóptero (*Polistes* sp.).  
Las avispas sociales hacen colonias anuales que fabrican nidos de papel.

Fotografía por el autor.

.....

# PUBLICACIONES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

.....



## INSTRUMENTA

Repositorio de instrumentos históricos  
laboratorio de la Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza.



**Triquinoscopio**

Es un microscopio compuesto de tres lentes sencillas. A mediados del siglo pasado, se fabricó el Triquinoscopio de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, para la enseñanza de los principios de óptica en un curso de física que se impartía en el departamento de física y química.

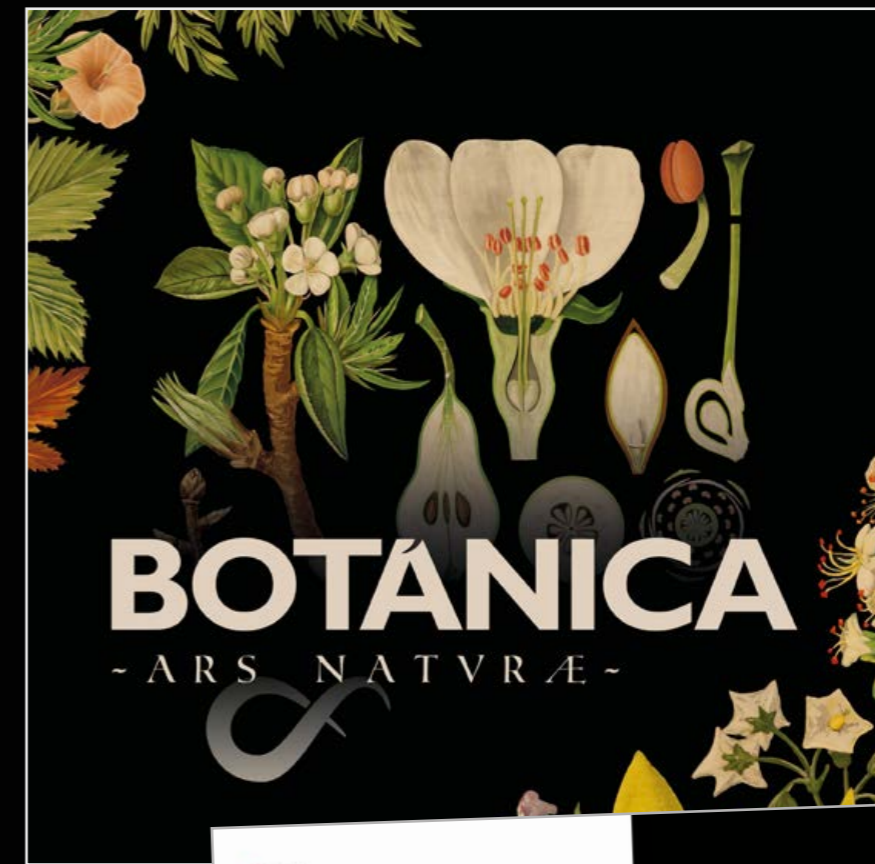
Una buena posibilidad de demostración es el experimento de la preparación colorada de una muestra de celulosa (de algodón) con la triquinoscopia. Para ello, se preparan diferentes muestras con compuestos de color (metileno azul, fucsina, azul de metileno, etc.) para observar el efecto de la luz.

**MIRBALANO.**  
*Prunus cerasifera*

A diferencia de las otras especies del género, el mirbalano, o el mirbalano, no es un árbol frutal sino un árbol ornamental, y en cambio se le emplea más abundantemente en los jardines que en los bosques. Se le cultiva en el Campus de la Universidad de Zaragoza, en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.



## LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS



# BOTÁNICA

- ARS NATURÆ -

**Tulipano**  
*Tulipa praecox* L. (syn. *Lilium*)

Se le cultiva en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

**Fecha de entrada:**  
1870

Descárgatelas gratis

INSTRUMENTA  
[ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion\\_social/instrumenta.pdf](https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/instrumenta.pdf)

LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS  
[ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion\\_social/los\\_arboles\\_del\\_campus.pdf](https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/los_arboles_del_campus.pdf)

BOTÁNICA ARS NATURÆ  
[ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion\\_social/botanica\\_ars\\_naturae.pdf](https://ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/botanica_ars_naturae.pdf)