



conCIENCIAS.digital

Revista de divulgación científica de la Facultad de Ciencias de Zaragoza

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero5.do>

Nº 5 MAYO 2010



CRISIS. ¿QUÉ CRISIS? LA CIENCIA ANTE EL NUEVO MILENIO

Redacción

DIRECCIÓN:

- Ana Isabel Elduque Palomo

SUBDIRECCIÓN:

- Concepción Aldea Chagoyen

DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN:

- Víctor Sola Martínez

COMISIÓN DE PUBLICACIÓN:

- Enrique Manuel Artal Bartolo
- Blanca Bauluz Lázaro
- Javier Fernández López
- Ángel Francés Román
- 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

IMPRESIÓN: Gráficas LEMA, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)
ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.

Portada: fotocomposición a partir de imágenes libres en la red.

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



Editorial

Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad de gran valor

Javier del Valle

2010: Año Internacional de la Biodiversidad

Juan Pablo Martínez Rica

Geometría de la ciudad

José María Sorando

El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva

José Manuel Vicente

¿Error o incertidumbre?

Rafael Núñez-Lagos

Biología olímpica

Rubén Peña

Formación para el empleo y encuentro con la empresa

María Luisa Sarsa

El reto que viene: sociedad, ciencia y periodismo

Miguel Ángel Sabadell

Historia de unos libros viajados

Ana Isabel Elduque

El LHC llega a Zaragoza

Alberto Virto

Noticias

Actividades

Artículos publicados

Colaboradores

¿Crisis? ¿Qué crisis?. La Ciencia ante el nuevo milenio.

Parafraseando al viejo grupo de los 70, hoy, después de varios meses, mejor dicho, trimestres, como les gusta decir a los macroecononomistas, de crisis nos preguntamos qué es y qué significa crisis para la Ciencia.

Es cierto que en los últimos dos años ha habido un retroceso en las dotaciones presupuestarias gubernamentales para el inicio y desarrollo de programas y proyectos científicos. También es cierto que los fondos de origen altruista o filantrópico no han aparecido en escena. Pero también cabe preguntarnos si en el desarrollo de la Ciencia con mayúsculas, las crisis de origen financiero, como la actual, no son sino meros vaivenes cuyo efecto, a largo plazo, es prácticamente despreciable.

Lo realmente peligroso no es que no haya una dotación particular de fondos, sino que la vocación científica de los ciudadanos y el predicamento de la Ciencia en la sociedad sean cada vez menores. Lo que lleva al marasmo científico, y por añadidura a un parón en la generación de conocimiento mismo, es la falta de acicate intelectual por la actividad investigadora e innovadora. Que la sociedad promueva como más rentable, tanto en lo crematístico como en lo social, cualquier actividad antes que la creación de nuevo conocimiento, incluyendo la exposición pública de las miserias personales en los realities televisivos, es lo que, en mi opinión, debe preocuparnos por encima de todo.

Para apoyar esta afirmación, sólo me gustaría que el lector se intentara retrotraer a los años 1915-1916. En aquel momento, Europa estaba inmersa en la más terrible guerra conocida hasta la fecha, y ya se había desarrollado lo suficiente como para que ello fuera público. Los combatientes morían en los frentes asfixiados por gases letales enterrados en el fango de las trincheras. En esa situación, todo el esfuerzo de los estados en conflicto signifi-

caba esfuerzo bélico. Las dotaciones para investigación científica desaparecieron. Y aún así, el desarrollo científico técnico fue ingente. Los descubrimientos y aplicaciones gestadas a raíz de la guerra son bastante numerosos (os recomiendo el artículo sobre "El uso letal de la Ciencia"). Pero lo que destaca por encima de todo es que, en medio de esa vorágine, surge una de las obras cumbres de la Ciencia. Einstein publica entre 1915 y 1916 la Teoría de la Relatividad General. Y apenas seis meses después del final del conflicto, el 29 de mayo de 1919, un británico, Eddington, hace la primera comprobación experimental de la teoría con la que un súbdito alemán, Einstein, destronaba a otro británico, Newton, como el mayor científico de la Historia. Este es el espíritu que hace avanzar la Ciencia.

Este trabajo nuestro es prolongado en el tiempo, cooperativo en su desarrollo, no doctrinario ni dogmático en sus conclusiones y, sobre todo, racional. Y racional procede de raciocinio, es decir, del uso de la razón para conocer y juzgar. Que los medios materiales son absolutamente necesarios es innegable, pero que sólo con ellos lograremos el avance de la Ciencia demuestra una ignorancia total sobre qué es nuestro trabajo. En estos momentos es cuando más necesario se hace aplicar la máxima ácrata de mayo del 68: la imaginación al poder.

Si no conseguimos que nuestro trabajo se divulgue, especialmente la necesidad y utilidad del mismo, no vamos a conseguir que ese espíritu que antes he nombrado vuelva a cohabitar entre nosotros. No podemos dedicarnos a justificar el poco interés social logrado porque, durante uno o dos ejercicios, se nos redujeron las dotaciones de fondos. Debemos, y podemos, realizar una labor divulgativa mucho más intensa que la que hacemos habitualmente, y esta tarea no suele precisar de grandes necesidades financieras. Si lo fiamos todo a que la sociedad será capaz de apreciar por sí misma

la necesidad de la Ciencia, vamos a tener unos próximos años realmente duros, mucho más que los actuales, a pesar del recorte presupuestario.

Hoy en día la sociedad está siendo bombardeada literalmente de películas, exposiciones, series televisivas, realidades virtuales, etc. muchas de ellas relacionadas con sucedáneos científicos. Las series policiacas ya no son dos bravos y valientes agentes que desmontan los entramados más complejos del sindicato del crimen con sus armas cortas o, muchas veces, sus puños. Hoy en día, toda serie que se precie debe contar con su sección científica, donde esforzados investigadores escudriñan el más insignificante cabello y resto orgánico o mineral para deducir la naturaleza del crimen en cuestión. Hemos pasado del investigador racionalista, desde Sherlock Holmes hasta el entrañable Colombo, pasando por el inspector Poirot, a los investigadores científicos, cuyos laboratorios son dignos de estar ubicados en el Enterprise de Star Trek. Pero este marketing gratuito ofrecido por la industria del entretenimiento no va a lograr que aumenten las vocaciones científicas. La industria del entretenimiento sabe mejor que nadie que lo que más atrae para el divertimento inmediato es lo desconocido. Por lo tanto, no veamos en la aparición sistemática de "cerebritos" en el cine y la televisión otra cosa que la señal inequívoca de que lo que hacen (análisis, cálculos, deducciones y predicciones de apariencia científica) es absolutamente desconocido por el gran público.

Quiero acabar señalando un ejemplo de que tenemos mucho trabajo divulgativo por delan-

te. Estas semanas se ha mostrado en el Paseo de Independencia la exposición "El CERN a través de los ojos de Peter Ginter: la visión de un poeta" sobre el LHC. Si hiciéramos una encuesta, ¿cuántas personas podrían decir algo, sólo algo, sobre la H de hadrones? Y no será porque los fondos del LHC, y los diferentes experimentos que conlleva, no son abundantes. Podríamos completar la frase de que "el dinero no da la felicidad", con el corolario "ni él solo es capaz de hacer Ciencia". La enorme variedad que habita nuestro planeta y la grandeza de nuestra Naturaleza (os recomiendo leer "El Año Internacional de la Biodiversidad", "Los glaciares del Pirineo Aragonés" y otros artículos de este número) no necesitan más que un buen par de botas de trekking, tiempo libre y ojos curiosos deseosos de observar.

Trabajo y divulgación son las claves para que la Ciencia supere las crisis económicas. Si la sociedad nos percibe como necesarios, seremos necesarios. En caso contrario, ni tan siquiera contingentes. Simplemente prescindibles. Por eso, después de dos años, seguimos con la misma ilusión y ganas de trabajar que al principio. Porque nosotros, desde conCIENCIAS, estamos convencidos de... ¿crisis? ¿qué crisis?.

Ana Isabel Elduque Palomo
Directora de conCIENCIAS



POR JAVIER DEL VALLE

¿QUÉ SON LOS GLACIARES Y LOS HELEROS?

Los glaciares son masas de hielo permanente que, por lo tanto, no desaparecen en verano y que presentan un movimiento lento, pero continuo, a favor de la pendiente de la ladera sobre la que se localizan. Este movimiento determina la aparición en su superficie de grietas de tracción, que pueden llegar a tener un tamaño y una profundidad considerable, y explica que sean elementos muy activos en la erosión del sustrato sobre el que se asienta, transporte del material arrancado y sedimentación del mismo en la zona de ablación (fusión) del hielo. Estos procesos han supuesto la generación de numerosas formas de relieve características de las zonas afectadas por glaciario pasado o presente, perfectamente apreciables en amplias zonas de la cordillera pirenaica.

**LOS GLACIARES DEL PIRINEO ARAGONÉS:
UNA SINGULARIDAD DE GRAN VALOR**

Ibón de Marboré y glaciares de Monte Perdido.

*Fotografía por Javier del Valle

Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad de gran valor natural

En los macizos montañosos más elevados del sector aragonés de los Pirineos (Picos del Infierno, Monte Perdido, Posets y Aneto-Maladeta) se localizan los únicos glaciares existentes actualmente en España, que también son los más meridionales del continente Europeo. Además, en sus proximidades, también existen algunos heleros, masas de hielo también permanente, pero de menor masa y extensión, y que no presentan movimiento.

La superficie glaciada existente en la actualidad es resto de un glaciario mucho más extenso que ocupó grandes áreas de la Cordillera durante las glaciaciones cuaternarias. A lo largo del siglo XX se ha observado una notable disminución, pasando de las 1205 ha en el máximo de la Pequeña Edad del Hielo (1820-30) calculadas por Chueca (2002) hasta las 200.4 de principios del XXI (Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas, 2008). En once masas de hielo localizadas en los tres macizos montañosos señalados se aprecia movimiento de las mismas, por lo que son verdaderos glaciares.

La presencia de estos aparatos en el Pirineo Aragonés representa una singularidad natural de primer orden, reconocida oficialmente mediante su declaración como Monumento Natural de los Glaciares Pirenaicos (Ley 2/1990 de 21 de marzo de las Cortes Aragonesas). A su propio valor natural, hemos de añadir el científico por su potencial como indicadores de los cambios climáticos que se producen en el Planeta, pues los glaciares tienen una dinámica dependiente de las condiciones térmicas y pluviométricas reinantes. También son testigo de la extensión e intensidad que los procesos glaciares alcanzaron en los Pirineos, donde en nuestros días son perfectamente visibles numerosas formas de relieve (circos, morrenas, ibones, etc.) generadas por los grandes glaciares que cubrieron la cordillera durante las glaciaciones cuaternarias. Por último, su valor hidrológico como reserva de agua regulada de forma natural, pues en ellos se acumula nieve durante muchos meses del año y funde poco a poco durante el verano, lo que contribuye a aumentar el caudal de algunos ríos pirenaicos durante los meses de estiaje.

SITUACIÓN ACTUAL

Glaciares en el Pirineo aragonés

En la última medición, realizada durante 2007, la situación de los glaciares aragoneses era la siguiente (Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas, 2008):

- Macizo de los Picos del Infierno o Quijada de Pondiellós: glaciar de Infierno Occidental (6 ha).
- Macizo de Monte Perdido: glaciar superior (4 ha), glaciar inferior (28 ha).
- Macizo de Posets: glaciar de Llardana (9 ha), glaciar de La Paúl (6 ha).
- Macizo de Aneto – Maladeta: Glaciar de Maladeta Occidental, desgajado del de Maladeta a finales del siglo XX (5 ha), glaciar de Maladeta (28 ha), glaciar de Aneto (64 ha), glaciar de Barrancs (8 ha) y glaciar de Tempestades (10 ha).

Son en total 168 ha cubiertas por glaciares estrictamente, a las que hemos de añadir 11.4 ha cubiertas por hele-

ros y 21 por glaciares rocosos, masas de hielo dinámicas (con desplazamiento) que están cubiertas por una capa de roca, lo que impide apreciar la presencia del hielo. Se encuentran repartidas entre las 13 ha del glaciar rocoso de Argualas (macizo de los Picos del Infierno) y las 8 ha del de Los Gemelos (macizo de Posets).

La situación descrita significa una superficie glaciada total de 200.4 ha en sus diferentes morfologías (glaciares, heleros y glaciares rocosos), notablemente menor que las 438.8 ha identificadas en 1992 (Chueca y Lampre, 1994).

La huella glaciar

Hemos hecho referencia, hasta el momento, de las morfologías en las que existe presencia de masa de hielo permanente en la actualidad. Como ya hemos señalado, el glaciario del

Pirineo Aragonés es resto de unas superficies cubiertas por hielo mucho mayores durante las glaciaciones. De las cuatro glaciaciones identificadas en el cuaternario, es la última la que ha dejado huellas más abundantes en el relieve actual, debido a su proximidad en el tiempo y a que los efectos de una glaciación normalmente borran o desdibujan las morfologías generadas por la anterior. Esta glaciación tuvo su desarrollo en los Pirineos durante el Pleistoceno Superior, alcanzando su máximo hace 45.000 a 50.000 años. Su finalización se data hace unos 10.000 años, comenzando entonces la fase postglaciar (Lampre, 2003). De este periodo frío en el que los aparatos glaciares tuvieron un gran desarrollo en la Cordillera, tanto en extensión como en espesor, datan la mayoría de las formas de relieve que vamos a describir a continuación:

**“En los macizos
montañosos
más elevados
del Pirineo
Aragonés se
localizan los
únicos glaciares
existentes
actualmente en
España.”**



Glaciar inferior de Monte Perdido.

*Fotografía por Javier del Valle

Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad de gran valor natural

- **Los lagos de alta montaña:** se denominan ibones en el Pirineo Aragonés, y se generan como consecuencia de la mayor presión ejercida por el hielo en lugares donde disminuye la pendiente, lo que produce una sobreexcavación que genera una depresión. En la posterior etapa interglaciar, con el retroceso de las masas de hielo se produce la fusión del manto glaciar, y estas cubetas se transforman en áreas lacustres receptoras de aguas procedentes del deshielo. Existen un total de 197 ibones inventariados en Aragón, distribuidos mayoritariamente en tres grandes zonas: los macizos de Panticosa, Posets y Maladeta, (Del Valle y Rodríguez, 2004).

Frecuentemente se localizan agrupados en número variable y escalonados a diferentes alturas. En ellos se desarrollan ecosistemas muy particulares, adaptados a la altitud y a la dureza de las condiciones climáticas, debido a los que permanecen helados durante buena parte del año. Algunos de ellos se han transformado en diferentes grados, especialmente mediante su recrecimiento para aprovechamiento hidroeléctrico, con la consiguiente desnaturalización, pero muchos otros permanecen en estado prácticamente inalterado.

Desde su generación, un ibón sufre un proceso progresivo de colmatación por la llegada de sedimentos, lo que causa su progresiva pérdida de superficie y de profundidad. Este proceso explica que, en las orillas de algunos, se aprecien formaciones deltaicas de mayor o menor desarrollo y que, una vez terminado el proceso de colmatación, desaparezcan como lagos y se conviertan en turberas, es decir, zonas llanas encharcadizas con vegetación hidrófila en las que las aguas de escorrentía con frecuencia se estancan o forman pe-

queños regueros de discurrir divagante y meandriforme, las llamadas "aguas tuer-tas". Por ello hoy encontramos ibones de muy diferentes características: algunos ya convertidos en turberas, otros con escasa profundidad debido al avanzado proceso de colmatación (caso del superior de Anayet), mientras otros, según las batimetrías señaladas, alcanzan casi los 100 m de profundidad, como el de Cregüeña.

- **Los circos glaciares:** son anfiteatros montañosos, normalmente rodeados de paredes y cumbres, en los que se producía la alimentación de los glaciares. Frecuentemente presentan una disposición con varios escalones en los que pueden instalarse cascadas (caso de los de Soaso o Pineta). Son el comienzo de otra forma de relieve muy representativa descrita a continuación.
- **Los valles glaciares:** se caracterizan por tener paredes de gran pendiente, próxima a la verticalidad, y fondos planos. Por ellos discurrían lenguas de hielo, en los tramos altos de gran espesor: unos 500 m donde hoy se asientan localidades como Benasque o Biescas (Lampre, 2003), que erosionaban las paredes ensanchando así el valle, y arrastraban sedimentos, generando morrenas de fondo, laterales y frontales.

Hay casos de valles glaciares laterales cuyo fondo se sitúa a mayor altura que el valle principal, son los valles colgados que corresponden con antiguas lenguas de hielo afluentes a la lengua principal, de menor espesor y capacidad erosiva. Algunos ejemplos muy significativos son Ordesa, con el valle colgado de Cotatuero, Pineta, con el de Lalarri o Benasque con los de Estós y Vallivierna.

“Existen un total de 197 ibones inventariados en Aragón, distribuidos mayoritariamente en tres grandes zonas: los macizos de Panticosa, Posets y Maladeta.”

- **Morrenas:** son formas de acumulación frecuentes en los fondos y zonas laterales de los valles glaciares pero que, en muchas ocasiones, son difíciles de apreciar en el terreno, con la excepción de la morrena frontal del valle del Gállego sobre la que se asienta el pueblo de Senegüé. En ella se observa fácilmente la forma de media luna con la parte cóncava orientada hacia aguas arriba. Esta morfología se debe a que se trata del depósito terminal de la lengua glaciar, que descendía por el citado valle, y que no ha sido borrado por ninguna glaciación posterior.

Además de las morfologías mencionadas, relacionadas con las glaciaciones cuaternarias, en el Pirineo Aragonés es posible ver algunas formas de acumulación generadas en un periodo frío reciente denominado "Pequeña Edad del Hielo" que tuvo lugar entre los siglos XVI y principios del XIX. El mencionado periodo frío está perfectamente documentado en la Cordillera, pues contamos con grabados y fotografías de finales del siglo XIX o principios del XX que muestran unos aparatos glaciares de mucha mayor extensión y potencia que los actuales.



*Fotografía por Javier del Valle

Glaciar de La Maladeta desde el Portillón de Benasque.

Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad de gran valor natural

Hoy es posible observar perfectamente morrenas laterales de la "Pequeña Edad del Hielo" en casi todos nuestros glaciares. Incluso en alguno de ellos es visible el arco completo e ininterrumpido constituido por las morrenas laterales y la frontal unidas (caso del antiguo glaciar de Coronas, hoy convertido en helero, situado en la cara S del Aneto). Debido a que se trata de formas recientes, el material que las constituyen está escasamente asentado y sin colonización vegetal (proceso dificultado también por la altura a la que se localizan), mostrándose como acumulaciones de cantos y bloques heterogéneos de gran inestabilidad.

Valor educativo y científico

El valor educativo y científico de los glaciares responde a varias razones, como a continuación se desarrolla:

- Su propia singularidad. Ya hemos mencionado que son los únicos existentes en territorio español y los más meridionales de Europa, lo que les da un valor natural excepcional. El glaciario también se extendió por amplias zonas de otras montañas españolas (Cordillera Cantábrica, sector N del Sistema Ibérico, Sistema Central e incluso Sierra Nevada), pero en ellas los aparatos glaciares se extinguieron, quedando sólo las morfologías derivadas.
- Al ser aparatos glaciares dinámicos y activos, aunque de tamaño modesto, facilitan la comprensión del glaciario de grandes dimensiones que ocupó amplias zonas de Los Pirineos. Son, por lo tanto, testigos de épocas en las que las condiciones climáticas y ambientales del Planeta eran muy diferentes a las actuales, periodos no muy lejanos en el tiempo en el caso de la última glaciación, cuyo final coincide aproximadamente con algunas representaciones artísticas del arte paleolítico del Norte de España y Francia.

- Indicadores de las variaciones térmicas que se observan en el Planeta. Su pequeño tamaño les hace especialmente sensibles a las alteraciones climáticas, por lo que responden de forma rápida creciendo durante periodos fríos de importante acumulación de nieve y menor fusión, y disminuyen su extensión y potencia también en un plazo relativamente corto en periodos cálidos de mayor fusión, como el observado a lo largo del último cuarto del siglo XX.
- Debido a sus propias características y a su localización, son zonas de escasa antropización. Sus condiciones son, por lo tanto, de alta naturalidad, con un entorno también en estado prácticamente inalterado, salvo la existencia de rutas montaÑeras en sus proximidades.
- Se trata de un espacio natural protegido denominado "Monumentos Naturales de los Glaciares Pirenaicos" (Ley 2/1990 de 21 de Marzo de las Cortes de Aragón) que abarca una superficie de 399 ha. Los Monumentos Naturales "son espacios o elementos de la naturaleza constituidos básicamente por formaciones de notoria singularidad, rareza o belleza, que merecen ser objeto de una protección especial" (Ley 4/1989 de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres).
- La localización de los glaciares en alta montaña (por encima de 2700 m de altitud), y la inexistencia de vías de comunicación para vehículos en sus proximidades, hace que su visita y observación requiera realizar itinerarios caminando bastante exigentes físicamente, pero que nos permiten apreciar los valores naturales y paisajísticos del entorno de los glaciares y muchas formas de erosión y sedimentación creadas por ellos. Es muy gratificante realizar estas rutas pero, en cualquier caso, hay que lle-

1.



2.



1.- Ibón Azul superior.

2.- Plan de Aiguallut y sus aguas tuertas.

var el equipo adecuado y contar con cierta experiencia en montaña, o en su defecto ir acompañado de guías.

Se proponen, a continuación, algunas rutas que permiten observar alguno de los glaciares y sus formas de relieve asociadas:

- Balneario de Panticosa – Collado de Tebarray. Sigue la ruta GR-11 desde el mencionado Balneario hasta los ibones de Bachimaña, recrecidos para su aprovechamiento hidroeléctrico. Desde el final del ibón superior de Bachimaña la ruta gira hacia la izquierda, alcanza el ibón Azul Inferior (también recrecido) y, poco después, el ibón Azul Superior, en estado natural. Desde él se aprecia el glaciar de Infiernos sin necesidad de llegar al Collado de Tebarray. La duración de la ruta hasta el ibón Azul

Superior es de unas tres horas y el desnivel de unos 800 m.

- Circo de Pineta – Ibón de Marboré. Da comienzo en una espectacular forma glaciar, como es el circo de Pineta, en el que se desploman las cascadas del Cinca. Desde aquí, en dirección al ibón de Marboré, la ruta asciende por una marcada pendiente. A medida que gana altura, permite apreciar la morfología en "U", típicamente glaciar del valle de Pineta. Sin descansos prácticamente, la senda alcanza el umbral superior del circo. Desde aquí hay una magnífica vista de los glaciares superior e inferior de la cara norte de Monte Perdido. Es posible desde aquí ir al ibón de Marboré, tramo con escasa pendiente a lo largo del que se siguen teniendo magníficas perspectivas de los glaciares. La duración de la ruta hasta

Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad de gran valor natural

el ibón es de unas cuatro horas y media, con un desnivel de 1200 m.

- Llano de la Besurta – Portillón de Benasque. El Llano de la Besurta se sitúa en el alto valle del Ésera, de clara morfología glaciar. Desde él surge una senda que conduce al Portillón de Benasque, paso que comunica con Francia. Antes de alcanzarlo se llega a una hombrera glaciar en la que hay una pequeña zona semiencharcada. Desde aquí, sin necesidad de llegar al Portillón, se aprecia una magnífica vista de los Montes Malditos, donde se localizan los mayores glaciares de los Pirineos. Su localización es privilegiada para observar el glaciar de la Maladeta y su lengua todavía definida. La duración de la ruta hasta el Portillón es de unas dos horas, con un desnivel de 600 m. No obstante, a una hora de marcha y tras unos 350 m de desnivel, ya se aprecia perfectamente el glaciar.
- Llano de la Besurta – Plan de Aiguallut. Desde el lugar donde termina la carretera asfaltada, que recorre el alto valle del Ésera, es necesario seguir la senda hacia el SE. Recorre el fondo del mencionado valle, de clara morfología glaciar. Tras algunos desniveles de escasa relevancia, alcanza el “Forau de Aiguallut”, dolina en la que se precipitan las aguas de fusión del glaciar de Aneto, para, tras una circulación sub-

terránea, aflorar en la cuenca del Garona. Continuar por la senda permite alcanzar el Plan de Aiguallut, llano en el que las mencionadas aguas se dividen en varios cauces y se quiebran en numerosos recodos y meandros, formando unas “aguas tuertas” desde donde se obtiene una buena vista del glaciar de Aneto.

CONCLUSIONES

- La presencia de glaciares en Los Pirineos es un hecho de un gran valor natural por su singularidad en el contexto español y su localización meridional en el europeo.
- Son numerosas las huellas glaciares de los periodos en los que el glaciario fue muy extenso en la Cordillera. Muchas de ellas son perfectamente apreciables en la actualidad y tienen un gran potencial educativo y docente como geoformas específicas generadas, exclusivamente, en ambientes glaciares diferentes a los actualmente existentes en los Pirineos.
- El glaciario actual es de pequeña entidad y, a pesar de su singularidad, ha sido escasamente conocido en Aragón y en el resto de España, salvo en sectores sociales directamente relacionados con la alta montaña o en ciertos medios científicos. En los

últimos años se ha realizado un esfuerzo de divulgación a través de tres centros de interpretación, artículos, conferencias, etc.

- La dinámica recesiva, que han tenido desde principios del siglo XX, hace pensar que pudieran desaparecer a medio plazo o que, si no se llega a ese extremo, los glaciares puedan convertirse en formas menores, como heleros. Por ello, consideramos especialmente importante su conocimiento científico y la divulgación social de éste.

BIBLIOGRAFÍA

- Chueca J., Lampre F., 1994. Cuadernos altoaragoneses de trabajo, Nº 21. Ed. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Diputación de Huesca.
- Chueca J., Peña J. L., Julián A. y Blanchard, 2002. Comparación de la situación de los glaciares del Pirineo español entre el final de la Pequeña Edad del Hielo y la actualidad. *Boletín Glaciológico Aragonés*, 3, pp. 13-41.
- del Valle J., Rodríguez C., 2004. Análisis de la calidad ambiental y paisajística del entorno de los ibones del Pirineo aragonés.

Actas del VII Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid.

- López Moreno J. I., 2000. *Los glaciares del alto valle del Gállego (Pirineo central) desde la Pequeña Edad de Hielo. Implicaciones en la evolución de la temperatura*, Geoforma Ediciones, Logroño, 77 p.
- Martí C., García J. M. eds. 1994. El Glaciario subpirenaico: nuevas aportaciones. Geoforma Ediciones, Logroño.
- Pedraza J., 1996. *Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones*, Editorial Rueda, Madrid.
- VV.AA (2008). Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas. El programa Erhin (1984-2008). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

Javier del Valle

Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad de Zaragoza



*Fotografía por Javier del Valle

Glaciares superior e inferior de Monte Perdido.



2010: AÑO INTERNACIONAL DE LA BIODIVERSIDAD



Desde 1959 la Organización de las Naciones Unidas ha ido designando cada año a un tema determinado, a menudo a más de uno. En cinco ocasiones, antes de 2010, se han designado temas de tipo medioambiental, y en el presente año el tema elegido ha sido la biodiversidad. De manera que el año en que estamos es el Año Internacional de la Biodiversidad.

POR JUAN PABLO MARTÍNEZ RICA



Algunas especies de mariposa poseen alas transparentes para camuflarse de sus depredadores.



La eficacia de estas designaciones puede ser discutida, pero no cabe duda de que la ONU cumple con su misión al designar los Años Internacionales. Como organización planetaria que es, tiene que promover el conocimiento de la importancia de algunos elementos ambientales o culturales para el progreso, la estabilidad o la simple supervivencia de la humanidad. Si no otra cosa, por lo menos consigue que proliferen durante doce meses los actos centrados en el tema elegido y, así, no es de extrañar que, en este año 2010, se desarrollen multitud de conferencias, simposios y proyectos centrados en la biodiversidad, y se escriban todavía más artículos sobre el tema.

El mensaje que la ONU pretende difundir este año es muy simple: las vidas humanas dependen de la existencia y buen funcionamiento de una biosfera saludable. Las actividades industriales o comerciales de la humanidad han llegado a representar una amenaza para el buen funcionamiento de la red de la vida, y se requiere una acción coordinada para reducir esta amenaza. El campo de acción es amplio, y va desde la protección a las especies amenazadas a la búsqueda de energías alternativas que disminuyan el daño causado a la biosfera. Es decir, se trata de una manifestación más del programa medioambiental amparado por la ONU. Pero, naturalmente, destacan las iniciativas directamente dedicadas a frenar la pérdida de biodiversidad, muchas de las cuales se enmarcan en el Convenio Global sobre Biodiversidad, vigente desde hace más de una década.

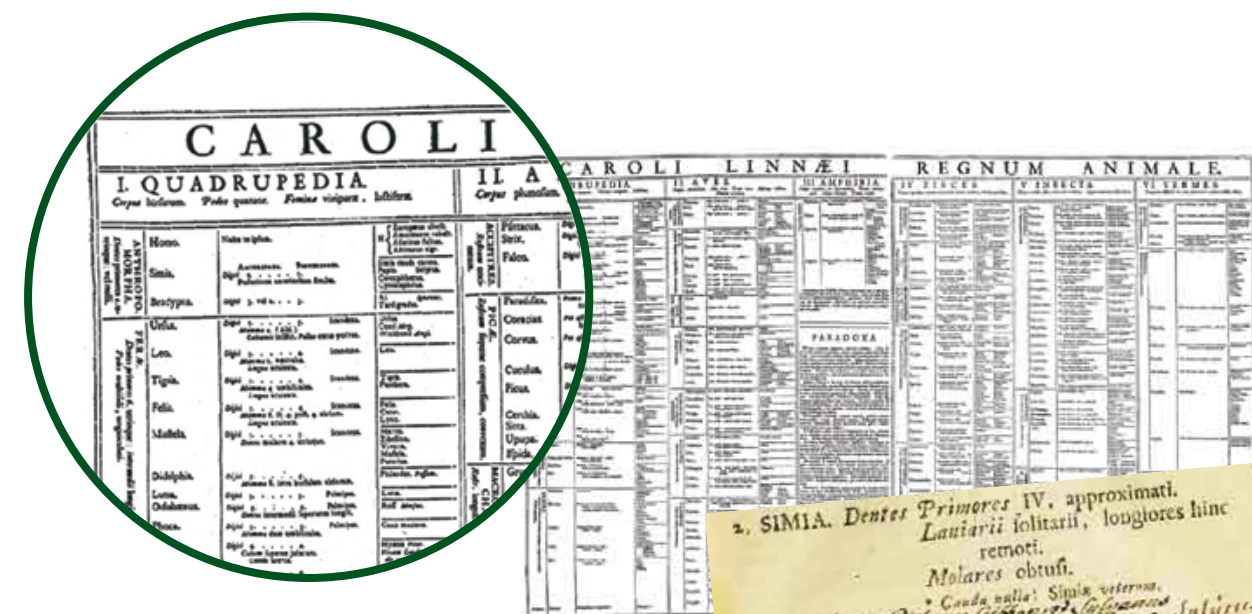
¿QUÉ ES LA BIODIVERSIDAD?

La biodiversidad es una característica esencial de la vida, y corresponde a la variedad de los sistemas vivos. En el mismo comienzo de la vida en la Tierra, cuando los protoorganismos se reducían a simples gotas de líquido ricas en compuestos orgánicos y rodeadas de

una membrana molecular más o menos estable, ya se daba una diferenciación inicial de los distintos corpúsculos, debida a variaciones en su densidad o en su distancia a los bordes del recipiente que los albergaba. Al fin y al cabo la selección natural, que es el motor de la evolución, se basa en la selección de las diferencias, de modo que si no hay diferencias no hay evolución.

El concepto de biodiversidad es relativamente reciente. Suele atribuirse a O. Wilson, quien lo popularizó en los años 80, aunque la verdad es que es muy anterior. Como tantos otros conceptos difíciles de captar, ha sido muy discutido, e incluso se ha propuesto su supresión al considerarlo una idea vacía, que no contaba con una definición adecuada y no era susceptible de medida. Lo cierto es que, una vez conseguida su clarificación y cuantificación, se ha convertido en una herramienta muy útil para calibrar el estado de salud de la biosfera. Hoy la definición "oficial" que dan las Naciones Unidas es la siguiente: "Biodiversidad, o diversidad biológica, es la variedad existente entre los organismos vivos a todos los niveles, incluyendo, entre otros, los ecosistemas terrestres y acuáticos, y los complejos ecológicos de que estos ecosistemas forman parte: esto incluye la diversidad dentro de y entre las distintas especies, así como dentro de y entre los distintos ecosistemas".

Una de las estimas, habitualmente usadas de la biodiversidad de un territorio, es la llamada riqueza específica, o número de especies de un determinado grupo que habitan en el mismo. No es lo mismo que la biodiversidad, pero está claramente relacionada con ella. Referida a la totalidad del planeta, es el número de especies vivientes hoy conocidas, y ni siquiera este número, que es básico para la gestión de la biodiversidad y para evaluar la tasa de pérdida de la misma, puede establecerse con precisión. El número de especies hoy catalogadas por la Ciencia se sitúa en poco más de un millón y

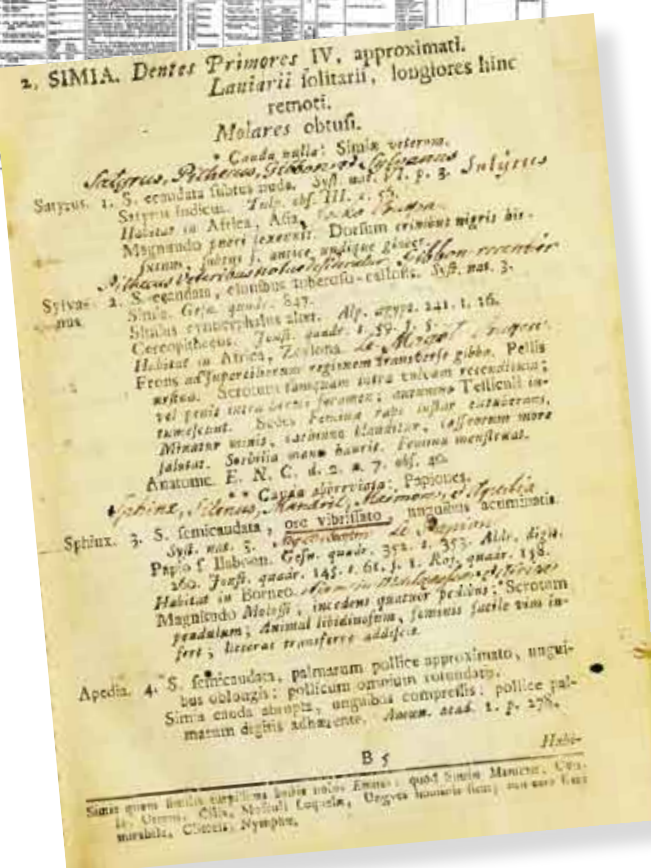


El primer intento de catalogar metódicamente la biodiversidad existente en la Tierra se debe a Carlos Linneo, el gran botánico sueco. Aquí aparecen partes de la edición primera (1735) y décima (1758) de su obra "Systema Naturae", con sendos fragmentos dedicados a los mamíferos primates. Se presenta sólo una página de la décima edición, que dedica 11 a este grupo. (Real Jardín Botánico de Madrid).

medio, pero se sabe que una gran parte de las especies existentes nos son aún desconocidas. Las hipótesis acerca de este número lo sitúan entre dos y cien millones, con un valor más probable de entre 10 y 15 millones. Eso significa que conocemos poco más de la décima parte de la riqueza específica con que cuenta nuestro planeta. Y de la décima parte que conocemos hay que descontar sus nueve décimas partes de cuyas especies sabemos, únicamente, que existen.

¿QUÉ SE CONOCE DE LA BIODIVERSIDAD?

No siempre ha sido así. Hace siglos el panorama era más simple: se conocían todas las especies, o al menos así se creía. En el siglo IV a.C. Teofrasto describe 576 especies de plantas, que suponía eran la totalidad de las existentes. Este número se fue haciendo mayor a



lo largo de los siglos y, a comienzos del siglo XVIII cuando nació Carlos Linneo, el número de especies conocidas era de unas 12000, entre plantas y animales.

Cuando tenía 28 años, Linneo publicó en Holanda la primera edición de una obra que se haría famosa, su "Systema Naturae", una especie de cuadro de ordenación de la naturaleza, en el que se recogían las especies de los tres reinos entonces reconocidos, animal, vegetal y mineral. En realidad, era un resumen modesto, que el autor sueco iría ampliando y perfeccionando a lo largo de su vida. Para cuando alcanzó

la décima edición, en 1758, el número de especies consignadas era de unas 13000. Esta edición se considera todavía como el punto de partida de la nomenclatura científica oficial de los seres vivos, y como la primera clasificación ordenada de los mismos. El progreso entre las dos ediciones indicadas es evidente.

Las numerosas especies aportadas por distintos autores de los siglos XVIII y XIX fueron redondeando el catálogo de la biodiversidad del mundo. Hacia mediados del siglo XIX, cuando Darwin enunció su teoría de la evolución, el número de especies conocidas se había elevado hasta casi 400.000, y la pretensión de que dicho catálogo era completo se había abandonado hacía tiempo. Todavía persistían los intentos de desarrollar una fauna y una flora de alcan-

ce mundiales, pero también estos intentos se fueron abandonando a medida que crecía el número de especies catalogadas, y sobre todo a medida que crecía la estima del número de especies aún desconocidas.

La situación ha cambiado recientemente gracias a las posibilidades ofrecidas por los modernos medios informáticos. Evidentemente, la tarea de descubrimiento y descripción de nuevas especies continúa, al tiempo que cambian los conceptos de especie y los métodos de diferenciación de las mismas. Las técnicas de secuenciación de ADN y el desciframiento de los distintos genomas ha revolucionado el sistema de clasificación que hasta ahora se ha usado. Pero, por lo menos, existe ya un horizonte que contempla la catalogación de todos los seres

vivos existentes (ver, por ejemplo, <http://www.catalogueoflife.org>, una página web que en estos momentos cuenta ya con 1.200.000 organismos catalogados). Diversas universidades y centros de investigación de nuestro país participan en este esfuerzo.

¿CÓMO SE MIDE LA BIODIVERSIDAD?

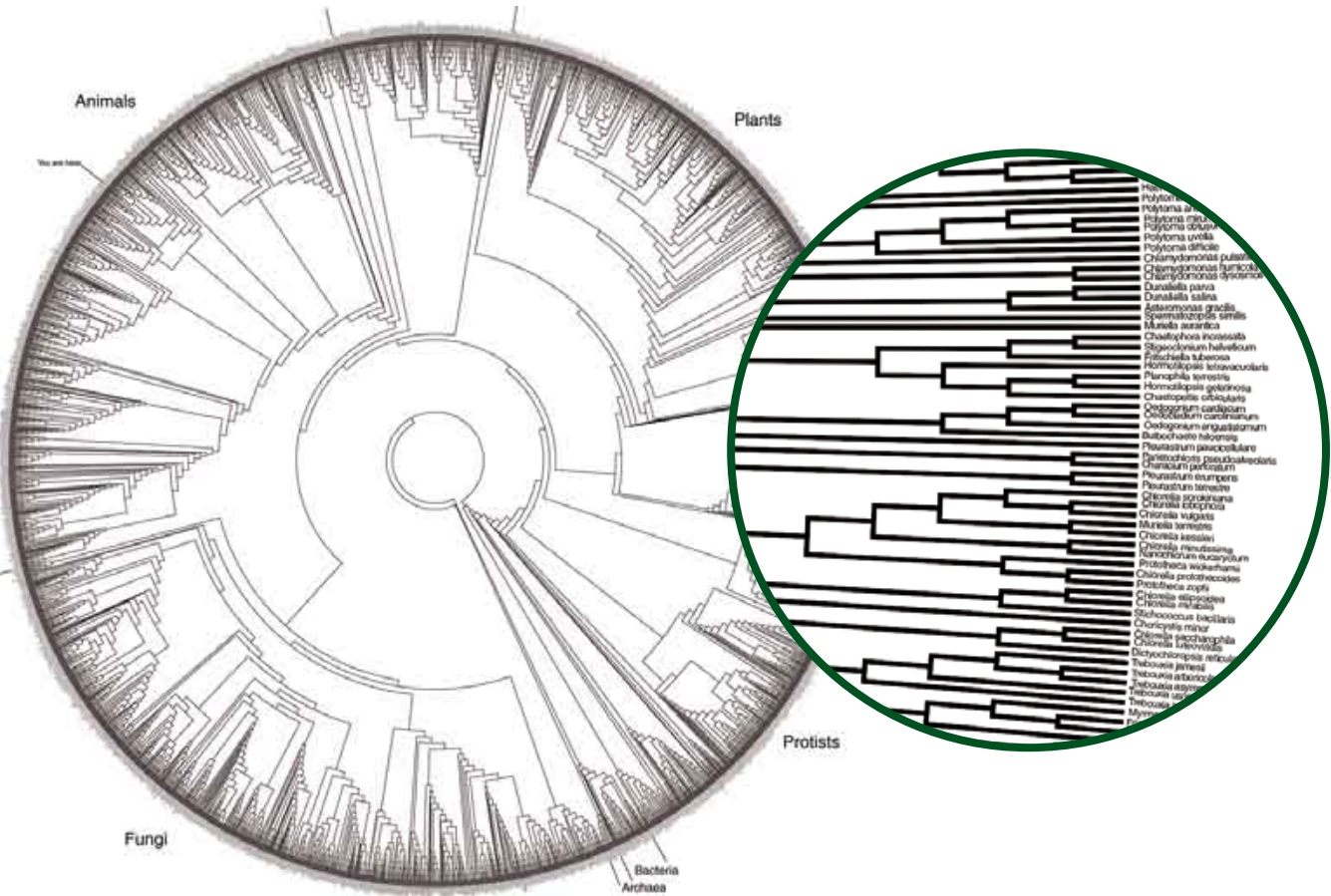
Cuando Claude Shannon publicó en 1948 su libro “La Teoría Matemática de la Comunicación” se abrió un nuevo enfoque para el estudio de la biodiversidad. En ese libro, y en los trabajos precedentes, Shannon creó la llamada “teoría de la Información” que, entre otras cosas, permite cuantificar la información contenida en un sistema evaluando su variedad. Pronto se aplicó el método a los sistemas biológicos, sustituyendo a otros métodos precedentes que se habían empleado para calcular la diversidad biológica. Un ecólogo español, Ramón Margalef, presentó ya en 1956 un trabajo sobre el cálculo de la diversidad biológica de un sistema natural, y continuó investigando sobre este tema durante toda su vida. También desarrolló un índice para cuantificar la biodiversidad existente en un área, que se añadió a los varios que ya existían con el mismo propósito.

Hoy estamos muy familiarizados con la cantidad de información que manejamos con los ordenadores, y sabemos que se mide en bits

“Como se ve, la biodiversidad constituye un concepto multidimensional, y por eso es difícil de definir. No es que no tenga definición, sino que tiene demasiadas.”

o en múltiplos de esta unidad (como el byte, el kilobyte o el megabyte). La biodiversidad de un área puede compararse a la información de un mensaje, en el que cada especie fuera una letra distinta, que se repite tantas veces como individuos de esa especie se encuentran en el área. En ello se basa el índice de Shannon y otros más, que son matemáticamente equivalentes al mismo. La ventaja del uso de tales índices es que miden una entidad más compleja que la simple riqueza específica. En efecto, no sólo dan el número de especies, sino también un valor que pondera las proporciones en que éstas se hallan presentes y que permite la comparación con otras áreas.

El uso de los índices de diversidad ha permitido la cuantificación de esta variable, y también ha permitido distinguir diversos tipos de biodiversidad. Así, los ecólogos hablan de biodiversidad alfa, que es la medida de la variedad de especies en un punto concreto. De biodiversidad beta, que mide el cambio de diversidad entre distintos puntos, o de biodiversidad gamma, que no se aplica a puntos concretos sino a regiones extensas, y que tiene una gran importancia en biogeografía. También distinguen algunos entre diversidad biológica, que sería la biodiversidad potencial de una zona, y biodiversidad, propiamente dicha, que sería el valor real y expresado de la diversidad biológica. Aunque para muchos autores am-



Una representación moderna de la clasificación de los seres vivos, basada en el análisis del ARN mitocondrial de las células. (De D. Hillis, Universidad de Austin, Texas).

SHANNON	$D = -\sum p_i \ln_2 p_i$
MARGALEF	$D = \frac{S-1}{\ln N}$
WILLIAMS	$D = \alpha \ln \frac{N+1}{\alpha}$

Algunos de los índices comunmente empleados en la medida de la biodiversidad. Casi todos los índices se basan en la frecuencia relativa de las distintas especies de la muestra. (Del autor).

Los conceptos son totalmente sinónimos. Y por supuesto, no hay que perder de vista que la biodiversidad puede estudiarse en distintos objetos y, así, hay que distinguir la biodiversidad taxonómica que es la considerada usualmente, la biodiversidad genética, la ecológica, la molecular, la cultural, etc. Como se ve, la biodiversidad constituye un concepto multidimensional, y por eso es difícil de definir. No es que no tenga definición, sino que tiene demasiadas.

¿QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA BIODIVERSIDAD?

Mantener, en los ecosistemas de nuestro planeta, un nivel elevado de biodiversidad no es importante porque lo digan las Naciones Unidas, ni debe limitarse al presente año. Una región con alta biodiversidad es como una red con mallas múltiples, en la que la rotura de

un hilo no tiene consecuencias graves porque existen otros hilos paralelos que mantienen la malla unida. En la naturaleza, los hilos de conexión son las vías por las que circula la materia y la energía, y que permiten el mantenimiento de la estructura. Hay pues una relación directa entre la diversidad y la estabilidad de un ecosistema, y esta relación se ha demostrado experimentalmente en muchos casos.

La pérdida de una especie repercute normalmente en otras especies. Si desaparece una planta desaparecen, también, los animales que se alimentan exclusivamente de ella. Si desaparece una especie de insecto polinizador, a menudo, las flores que dependen del mismo no pueden ser fecundadas, y la especie se extingue también. Algunas especies tienen un papel clave en los ecosistemas, son como la piedra angular de un arco. Si estas especies se extinguen, o incluso si sus poblaciones disminuyen

fuertemente, las consecuencias para el ecosistema en que se insertan son catastróficas. Así ha sucedido, por ejemplo, con la nutria marina en las costas americanas del Pacífico Norte, o con el conejo, en los ecosistemas mediterráneos españoles.

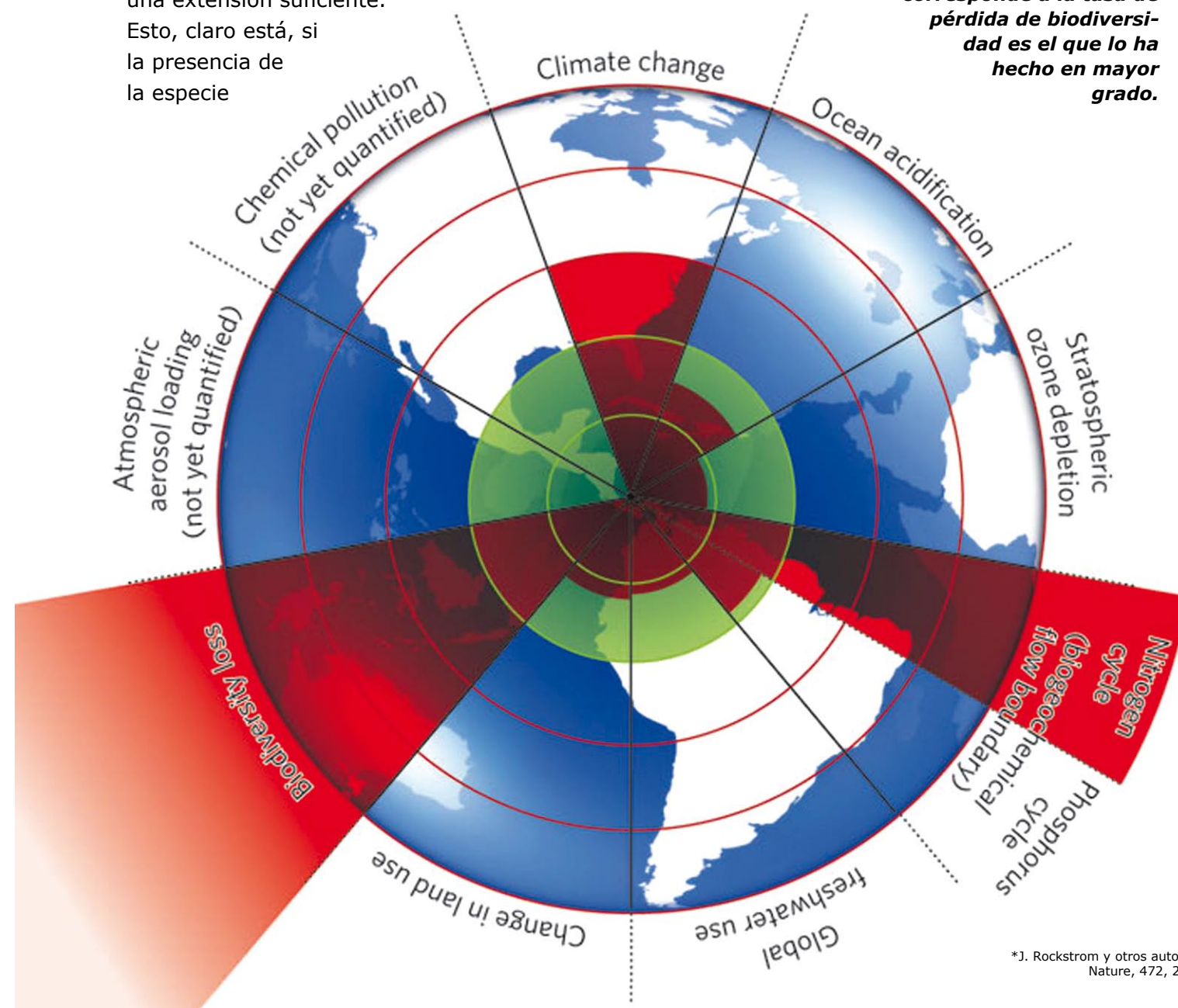
Otras especies no son esenciales para el funcionamiento de un ecosistema, pero su presencia es una señal de que el mismo goza de buena salud. Por ejemplo, los bosques pirenaicos funcionarían muy bien sin osos pardos pero la presencia del oso, que requiere amplios espacios forestados, con árboles maduros y con poca intervención humana, indica que tales bosques existen y que tienen una extensión suficiente.

Esto, claro está, si la presencia de la especie

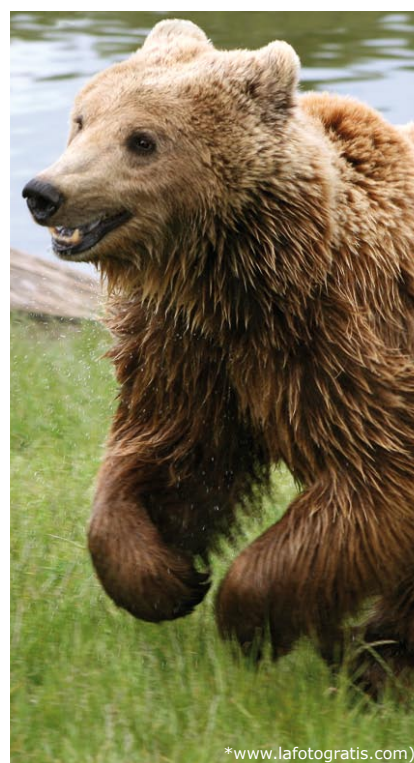
no se debe a una reintroducción artificial y forzada. En este último caso, la especie emblemática puede mantenerse en un ecosistema que ya no reúne las condiciones adecuadas para ello.

Por éste y otros motivos, una elevada biodiversidad es un indicador de que el área considerada goza de buena salud ecológica. Y también por este motivo, la pérdida de biodiversidad

Algunos indicadores básicos de la salud del planeta. Tres de ellos han sobrepasado ya el límite de seguridad, y el que corresponde a la tasa de pérdida de biodiversidad es el que lo ha hecho en mayor grado.



NUTRIA MARINA
↓
ERIZOS DE MAR
↓
KELP
↓
COMUNIDAD



OSO PARDO
↑
REFUGIOS Y ALIMENTO
↑
ESPECIES FORESTALES
↑
BOSQUES MADUROS EXTENSOS

Las especies clave son aquellas de las que depende en gran parte el funcionamiento de un ecosistema, y cuya disminución puede llevar al colapso del mismo. Las especies emblemáticas son adecuados indicadores del estado saludable de un ecosistema. (Del autor).

es uno de los indicadores más empleados para evaluar el deterioro de la biosfera. Precisamente, en uno de los últimos números de la revista "Nature", aparece un artículo muy revelador en el que se recoge la situación de nueve indicadores sobre el estado del planeta. Estos nueve indicadores han sido elegidos por consenso entre numerosos especialistas en distintas disciplinas. Algunos de ellos, tres en concreto, parecen haber llegado a, o sobrepasado, un punto crítico, es decir, han cruzado el umbral que marca el comienzo de una situación catastrófica, quizás irreversible. Y de estos tres, el que ha sobrepasado en mayor grado el límite de seguridad es la tasa global de pérdida de biodiversidad. Esta tasa oscilaba, en la época preindustrial, entre 0.1 y una especie por millón extinguidas cada año, cuando el límite de seguridad se sitúa en unas 10 especies extinguidas por millón y año ya que se considera que ésta es la tasa media de formación de nuevas especies. Pues bien, su valor actual es de 100 especies extinguidas por millón y año, es decir, una tasa diez veces superior a la del límite de seguridad.

¿CÓMO SE DISTRIBUYE LA BIODIVERSIDAD?

La biodiversidad no se distribuye regularmente ni en el espacio, ni en el tiempo, ni en los distintos grupos taxonómicos. Existen puntos, épocas o grupos con una biodiversidad muy elevada y otros que la tienen escasa, y explicar estas diferencias constituye hoy uno de los problemas básicos de la ecología. Comencemos indicando algo sobre la distribución de la biodiversidad en los diferentes grupos de animales y vegetales.

Se dice que Thomas Huxley, el amigo de Charles Darwin y ferviente propagador de las ideas de éste, preguntado en una ocasión por su idea de Dios respondió: "No puedo decir mucho de Él, pero estoy seguro de que le gustan bastante

los escarabajos". Con esto quería dar a entender que, entre los seres vivos, son los insectos los que cuentan con mayor número de especies y que, dentro de los insectos, el grupo con mayor variedad es el de los escarabajos o coleópteros. En efecto, los artrópodos, grupo en el que se integran los insectos, albergan más del 80% de todas las especies conocidas, y el orden de los coleópteros incluye unas 350000 de ellas. Por el contrario, existen numerosos grupos de gran entidad que no cuentan más que con una especie, de manera que ella es la única especie del orden (caso, p. ej., del cerdo hormiguero que forma, por si solo, el orden de los mamíferos tubulidentados), de la clase (caso del ginkgo, la sola especie de la clase ginkgoadas) o incluso del tipo o phylum, (como el pequeño invertebrado *Limnognathia maerski* que es el único miembro del tipo micrognatozoos).

Otros grupos, además de los insectos, comprenden multitud de especies y, al menos, otros tantos contienen sólo unas pocas. Claro está que la pérdida de una de las pocas especies de estos grupos raros conlleva un perjuicio mucho mayor que si ocurre en un grupo muy variado. Y del mismo modo, el hallazgo de una especie nueva en un grupo pequeño comporta un incremento notable del valor de la biodiversidad en el grupo. A pesar de su escasa frecuencia, estos descubrimientos ocasionales de organismos adscritos a grupos minúsculos son extraordinariamente valiosos, y aclaran muchos aspectos de la evolución de los organismos. Algunos se han producido en tiempos recientes, como el mencionado grupo de los micrognatozoos descubierto en Groenlandia el año 2000.

La distribución de la biodiversidad en el espacio también muestra patrones interesantes. Es un hecho bien conocido que las regiones tropicales presentan una biodiversidad mucho más elevada que las zonas templadas o frías, lo cual lleva a suponer una relación entre la tempera-



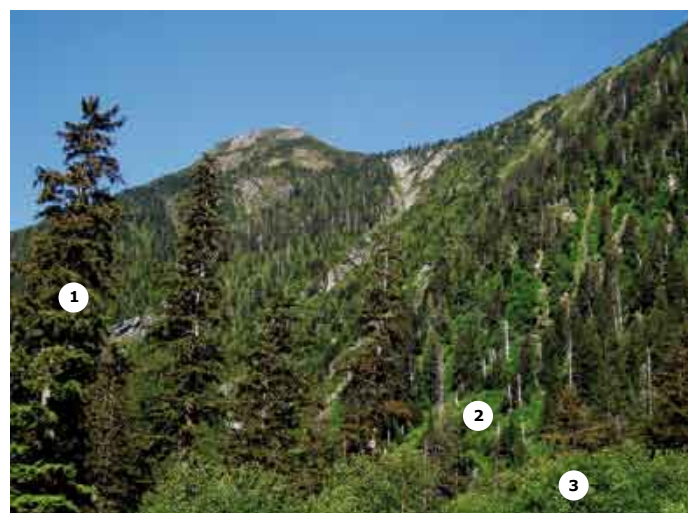
En esta figura, la extensión de cada rectángulo es proporcional al número de especies probables que albergan los principales grupos: Artrópodos (salvo ácaros), Bacterias, Ácaros, Nematodos, Algas, Hongos, Fanerógamas, Moluscos, y Protozoos. (Del autor).

ARTRÓPODOS

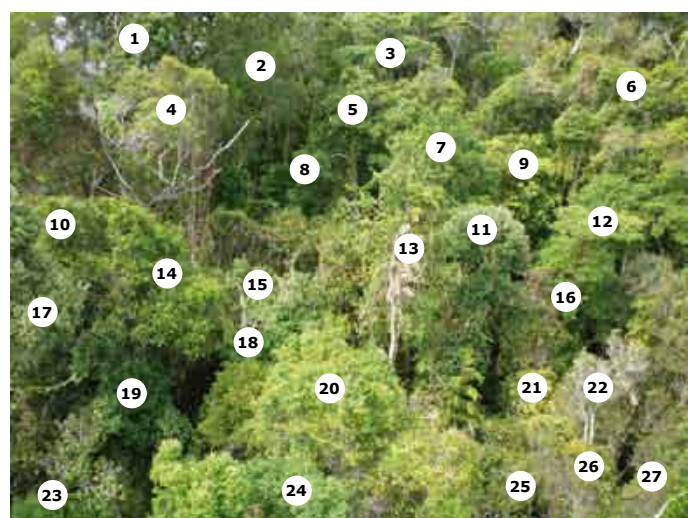


tura media de un territorio y su biodiversidad. En realidad la cosa no es tan sencilla, pues algunos desiertos, que son muy cálidos, mantienen una biodiversidad escasa. Pero no puede negarse que la comparación entre una selva tropical y un bosque templado revela cuanto más variada es la primera que el segundo, y lo mismo puede decirse de los arrecifes coralinos comparados con las costas de las regiones templadas o frías.

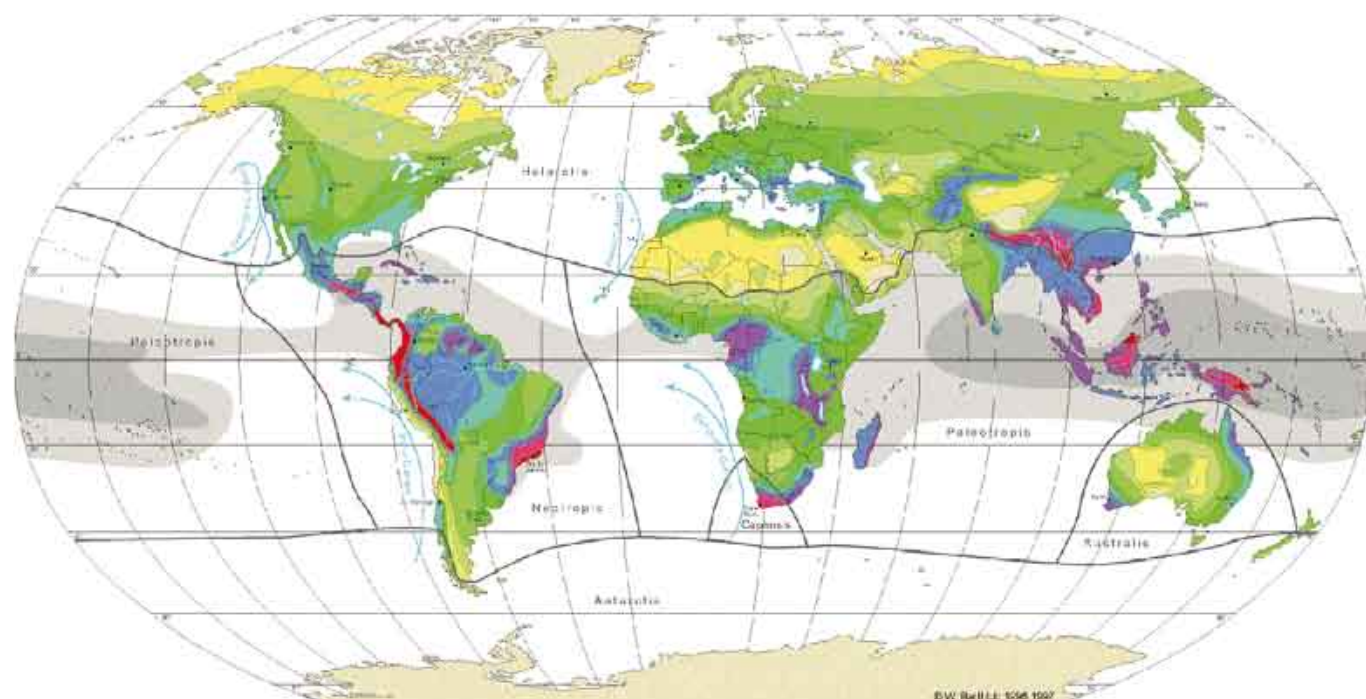
Los puntos donde la biodiversidad alcanza valores más elevados se califican de "hot spots" o puntos calientes. Las Naciones Unidas, y muchas otras organizaciones, han señalado los principales de estos puntos y regiones, unas tres docenas, donde se acumula la mayor parte de la biodiversidad del planeta. Tales zonas deben ser especialmente protegidas y algunas gozan ya, al menos sobre el papel, de unas medidas protectoras eficaces, pero la mayoría sufren una presión desmedida por parte del hombre y se deterioran rápidamente. La mayor parte de estas regiones se sitúan, como se aprecia en la figura, en áreas tropicales. Pero la Cuenca Mediterránea, incluyendo gran parte de nuestro país, es también una de dichas regiones. Y dentro de España, son las Cordilleras Béticas y los Pirineos las áreas privilegiadas en cuanto a biodiversidad.



Comparación entre un bosque boreal, en Alaska, y una selva tropical, en el norte de Australia. En las fotografías se han señalado las especies arbóreas diferentes que pueden distinguirse. En el caso de la selva australiana la estimación es a la baja, ya que se han considerado como idénticas varias especies que probablemente son distintas. (Del autor).



Abajo, distribución de la diversidad de plantas con flor en el mundo. La vertiente oriental de los Andes, la meridional del Himalaya y el norte de Borneo son las áreas con mayor variedad.



Los principales núcleos de alta biodiversidad en el mundo. Obsérvese que uno de ellos es la Cuenca Mediterránea.

¿CÓMO CAMBIA LA BIODIVERSIDAD?

A lo largo de la historia de la vida, el número de especies ha ido aumentando global y localmente a medida que las especies primitivas se han ido diversificando, y sus descendientes han ido ocupando nuevos nichos ecológicos. La tasa de formación de nuevas especies no es uniforme, de manera que existen épocas en las que apenas se dan cambios, y otras en que aparecen rápidamente numerosas especies nuevas. Desde luego, las especies también se extinguen naturalmente pero la tasa de aparición de nuevas especies es, en conjunto, superior a la tasa de extinción y, de ahí, la tendencia al aumento general del número de especies. Esta tendencia, sin embargo, se ve interrumpida a veces por retrocesos en los que el número de especies disminuye bruscamente y, en ocasiones, intensamente. Son las llamadas "crisis de biodiversidad", de las cuales se han registrado cinco principales desde la aparición de los primeros organismos que han dejado restos fósiles.

La más conocida de estas crisis de biodiversidad es la que tuvo lugar al final de la Era Mesozoica, cuando un asteroide de unos 10 km de diámetro impactó contra la Tierra con una energía 250 veces superior a la de la explosión combinada de todas las armas nucleares existentes hoy en nuestro planeta. Como consecuencia del choque, desaparecieron muchas formas de vida, incluyendo los grandes reptiles, y se remodeló toda la biosfera, al menos en el hemisferio norte. Pero esta crisis no ha sido la más grave. Al final de la Era Paleozoica, tuvo lugar otra más importante, la crisis permotriásica que entrañó la desaparición de gran parte de las especies existentes, hasta el 95 % en algunos grupos marinos.

Las pérdidas de biodiversidad ocasionadas por estas crisis son pronto compensadas (pronto en términos geológicos, es decir, en unos cuantos millones de años) por el subsiguiente incremento en la tasa, de formación de nuevas especies. Al menos éste ha sido el patrón que



se ha dado hasta ahora, cuando nos hallamos en la llamada sexta crisis de la biodiversidad debida, casi exclusivamente, a la acción humana.

Ya se ha aludido anteriormente al enorme aumento de la tasa de pérdida de biodiversidad en nuestros días. Las consecuencias negativas de esta crisis son negadas por algunos, quienes sostienen que la presente no es más intensa ni más rápida que alguna de las crisis anteriores. Es verdad que las catástrofes debidas a impactos asteroidales son prácticamente instantáneas, y por ello la tasa de desaparición de especies que comportan es elevadísima. Pero en esos casos, la causa de la crisis desaparece en cuanto ésta se ha producido, y la naturaleza cuenta con un tiempo suficiente de calma para su recuperación, aunque sea en unos millones de años. En el caso de la crisis que vivimos no es así, la acción de los factores causantes de la crisis es más intensa y rápida que en las crisis precedentes, salvo en las derivadas de impactos meteóricos pero, además, es persistente y acumulativa. Si bien no ha alcanzado todavía las dimensiones de estas crisis pretéritas, no se puede descartar que las supere en unos pocos siglos, un tiempo que en términos geológicos es un parpadeo.

Esta previsión puede ser tildada de catastrófica, aunque la comparten la mayoría de los expertos, que se suponen realistas y objetivos. Quizás un optimismo desmedido e injustificado nos pueda llevar a ignorar este aviso o a quitarle importancia. Pero es difícil evitar un sentimiento de angustia cuando se ven las señales de la degradación de nuestro mundo, señales

El retroceso de la selva por talas masivas en la Amazonia alcanza ya proporciones dramáticas, como se aprecia en estas fotografías del suroeste de Brasil. (A partir de mapas de Google Earth).

que ya han alcanzado dimensiones planetarias. Así se están perdiendo los depósitos de biodiversidad, como son los manglares o los arrecifes coralinos. Así, las grandes selvas tropicales y, especialmente, la cuenca del Amazonas, que no sólo es un pulmón del planeta sino también la mayor reserva de biodiversidad, se pierden también a pasos agigantados. Las fotografías de satélite permiten hoy percibir la magnitud de la pérdida forestal en esas áreas, y son realmente escalofriantes. Y no es ésta una alusión improcedente para terminar este artículo pues, transcurrido este Año Internacional de la Biodiversidad, se iniciará el año 2011 que las Naciones Unidas han declarado Año Internacional de los Bosques.

Juan Pablo Martínez Rica

Miembro de la Real Academia
de Ciencias de Zaragoza

GEOMETRÍA DE LA CIUDAD



Barcelona, barrio del Eixample.

*Foto por atelier/Ed Brodzinsky (www.flickr.com)

"Alegraos compañeros, que veo huellas humanas"

Palabras de Aristipo (s. IV a.C.), discípulo de Sócrates, tras naufragar en una playa perdida y encontrar figuras geométricas marcadas en la arena – citadas por Vitrubio.

El siete de junio de 1859 se aprobaba el Plan de Reforma y Ensanche (Eixample) de Barcelona, obra de Ildefonso Cerdá y Sunyer (1815–1876). Aquel diseño urbano ortogonal de cuadrícula perfecta fue decisivo para el progreso de la ciudad y es emblemático de cómo el racionalismo geométrico puede incidir en la calidad de vida de sus habitantes. En reconocimiento a su visión preclara, 150 años después, de junio de 2009 a junio de 2010, se celebra el "Año Cerdá". Como veremos, la Geometría puede ser instrumento tanto para una ideología de transformación social como para preservar los intereses opuestos. A lo largo de la historia, Geometría y urbanización van unidas.

ANTIGÜEDAD Y EDAD MEDIA

El historiador griego Herodoto (484 – 425 a.C.) describe Babilonia como una ciudad de plano cuadrado de 21 km de lado, con calles rectas que se cortaban en ángulos rectos. Egipcios y romanos aplicaron también este modelo. El Imperio Romano, para consolidar sus conquistas, construía ciudades amuralladas sobre los campamentos de sus legiones (*castrum*). De forma más o menos rectangular, estaban orientadas, por sus dos ejes de simetría las dos calles principales: el *cardo*, de Norte a Sur, y el *decumanus*, de Este a Oeste. En la intersección de ambas estaba el Foro o lugar de encuentro, ámbito de la vida pública. Las calles se alineaban paralelas a los ejes, formando manzanas rectangulares. A lo largo de la muralla, por su interior, se dejaba una franja de terreno de 9 m de anchura (*pomerium*), que delimitaba el territorio de la ciudad protegido por los dioses.

Esta estructura aún se aprecia en el plano del centro histórico de Zaragoza, la *Caesaraugusta* romana. Fue fundada en el año 14 a.C. por el César Augusto en la confluencia de los ríos Ebro, Gállego y Huerva, lo cual aseguraba agua y comunicaciones, ocupando casi un rectángulo de 895 m x 513 m. Con esas dimensiones, la ciudad podía albergar hasta unas 50.000 personas. Algunas vías actuales siguen aquel trazado romano, con el Coso (muralla), la Calle Don Jaime (*cardo*) y el eje formado por las calles Mayor, Espoz y Mina y Manifestación (*decumanus*).

POR JOSÉ MARÍA SORANDO

Geometría de la ciudad



La ciudad medieval estaba amurallada y su trazado era sinuoso e irregular. Llegaba a ser laberíntico en la ciudad islámica (medina). No había una planificación según cánones geométricos. Pero en ese aparente desorden había una estructura: en el centro estaba la plaza del mercado con los edificios más representativos y de ella salían calles estrechas y tortuosas, formando barrios que agrupaban a la gente por oficios (orfebres, carpinteros, teñidores, etc.), religión (cristianos, judíos o musulmanes) o procedencia. Las casas servían a la vez de vivienda y taller a los artesanos. Los oficios no deseados dentro de la ciudad, como los curtidores por los malos olores, se ubicaban fuera de la muralla (extramuros). Las murallas tenían, además de su original función defensiva, una función recaudatoria: las mercancías que cruzaban sus puertas debían pagar un tributo.

La estructura medieval se conserva, por ejemplo, en los centros históricos de las ciudades marroquíes (islámica), de Carcassonne en Francia (cristiana), de Gerona (judía) o de Toledo (tres culturas).

LA CIUDAD MODERNA

En la Edad Moderna, con el surgimiento de los estados nación pierde poder político la ciudad y, con la excepción de las ciudades fronterizas, las murallas son cada vez menos necesari-

as por razones defensivas. En España surge la Plaza Mayor, rodeada de soportales. A partir del Renacimiento se extiende el espíritu racionalista que lleva a diseñar ciudades ideales, según patrones geométricos.

Con la Revolución Industrial del s. XIX las ciudades acogen a las masas de campesinos que acuden como mano de obra para las fábricas. Los recintos amurallados ya no son suficientes para albergar esa expansión y se deben superar los límites de la ciudad antigua. En España, la Ley del Ensanche (1864) permite derribar las murallas, pese a la oposición del ejército, autoriza las expropiaciones para trazar vías públicas y establece los requisitos de procedimiento (presentación de una memoria, planos, presupuesto), etc. Se trazan avenidas rectas, paseos con arboledas, servicios de alcantarillado, etc. Sobre los restos de la ordenada ciudad romana y de la irregular ciudad medieval, la ciudad moderna regulariza y ensancha calles, y va más allá: *salta las murallas*. Crece según tres tipos de diseños geométricos ideales: radioconcéntrico, ortogonal o lineal; con un cuarto, el estrellado, que según los casos participa de los anteriores. En cada ciudad observamos la agregación de unos y otros, reflejo de las sucesivas expansiones habidas en su historia. Veamos esos modelos, que tienen en común el estar orientados en cada caso por la plasmación geométrica de una idea motriz.

CIUDAD RADIOCONCÉNTRICA

Se caracteriza por estar centrada en una plaza, rodeada de calles en círculos concéntricos. La idea básica es que la centralidad geométrica sea representativa de una primacía: allí se ubican las sedes de los poderes político y religioso. Al mismo tiempo, se busca la fácil y rápida circulación entre el centro y la periferia. Para ello, del centro salen avenidas rectas que unen las calles concéntricas; son los radios de esa trama circular. Se forman cruces de 120°.

Son escasas las ciudades donde se puede ver la plasmación integral de este modelo. Una clásica es la ciudad italiana de Palmanova que, en realidad, no es

Ciudad italiana de Palmanova, ejemplo de ciudad fortificada con forma de estrella.

un círculo sino un polígono regular de 9 lados (eneágono regular) y que es, además, ejemplo de las ciudades fortificadas con forma de estrella.

Hay ciudades donde se aplicó ese modelo de forma parcial. Así, en el centro histórico de Vitoria encontramos un trazado de calles concéntricas, aunque no circulares sino con forma de almen-



Geometría de la ciudad

dra. En la famosa Place de l'Étoile en París confluyen doce avenidas, en un diseño radial, pero no hay calles concéntricas. Ya en el s. XX, en Arizona (EE.UU.) la ciudad de Sun City presenta una urbanización radioconcéntrica totalmente circular.

CIUDAD ESTRELLADA

En el s. XVII se construyeron ciudades amuralladas en las zonas fronterizas de los reinos europeos. Buscando optimizar la defensa, se adoptaron formas de polígonos estrellados con bastiones en los vértices. Sus entrantes y salientes estaban pensados para que unos cubrieran a otros del fuego enemigo, haciendo máxima su eficacia artillera y mínima su vulnerabilidad, en una aplicación práctica de la Trigonometría y de la ecuación del tiro parabólico formulada por Galileo Galilei (1564 -1642) en el *Dialogo sobre los Sistemas del Mundo*. En esa época, matemáticos al servicio de los reyes aplicaban sus conocimientos a la ingeniería militar. Fue famoso el ingeniero francés Marqués de Vauban (1633-1707), del cual se conserva intacta la fortaleza de Neuf Brisach, estrella de ocho puntas en cuyo interior las calles siguen un trazado ortogonal.



CIUDAD ORTOGONAL

En el urbanismo ortogonal las calles se cortan en ángulos rectos: siguen dos únicas direcciones, perpendiculares entre si, y en cada dirección son paralelas. Esto produce manzanas rectangulares. Así se proyectó en 1811 sobre una isla Manhattan, uno de los cinco municipios de Nueva York, con 12 avenidas longitudinales y 155 calles transversales (el número de éstas ha ido aumentando posteriormente). Unas y otras van numeradas de forma correlativa gracias al diseño ortogonal. Las direcciones se dan habitualmente mediante esas dos coordenadas (*5ª Avenida con Calle 42*, por ejemplo).

Una forma particular de este modelo es aquella en la que las calles se cortan a distancias constantes, formando manzanas cuadradas; es el llamado plano en damero. Barcelona es la ciudad donde ese modelo fue aplicado de forma más innovadora y ambiciosa, con la urbanización de l'Eixample a partir de 1860, siguiendo el Plan Cerdá.

El auge industrial barcelonés obligaba a sobrepasar el antiguo recinto urbano y el Ayuntamiento convocó un concurso de proyectos. Cerdá quería una ciudad pensada para las personas, desde una voluntad igualitaria, donde fuera equivalente circular por una calle o por una paralela, pues no las habría privilegiadas, lo cual conduciría a la igualación del valor de las viviendas. Esto chocaba con el

Fortaleza francesa de Neuf Brisach.

deseo de distinción de los burgueses dominantes, quienes querían emular el esplendor parisino de un centro donde confluyeran grandes avenidas en las que se ubicarían las mansiones de los nuevos ricos, mientras el proletariado se alojaría en una periferia de rango inferior.

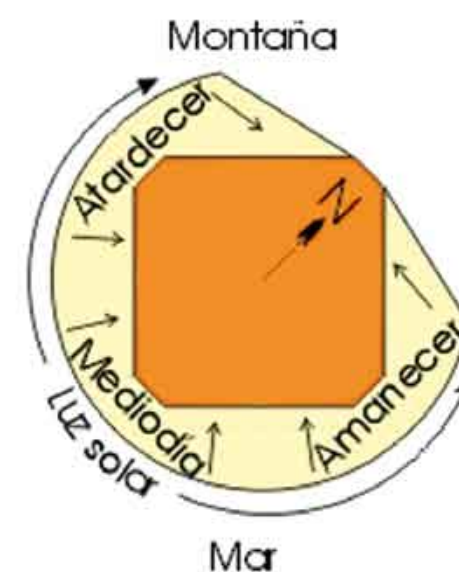
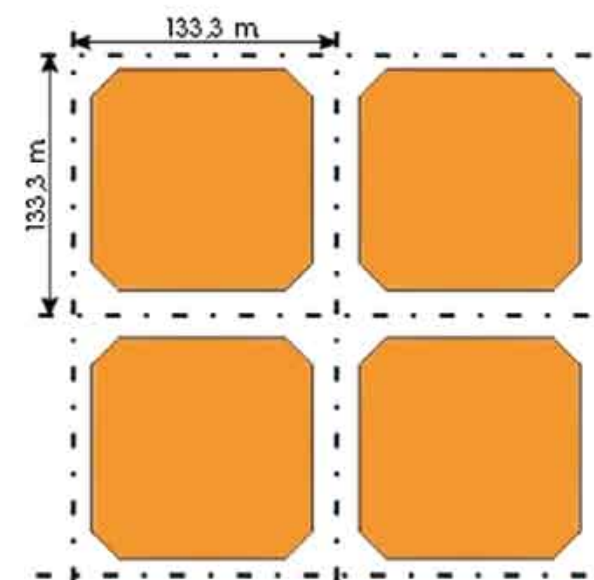
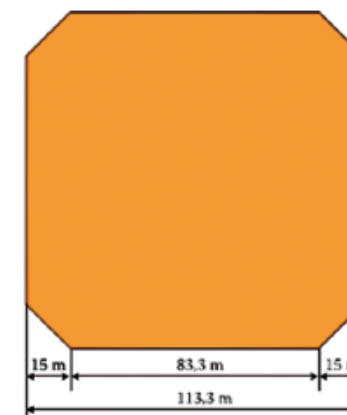
El Ayuntamiento de Barcelona rechazó el Plan Cerdá, pero éste fue después impuesto por el Gobierno Central de Madrid; cabe decir que afortunadamente pues, pese a las alteraciones que sufrió, sigue siendo válido 150 años después. Este modelo se quiso generalizar con la Ley del Ensanche y fue aplicado en otras poblaciones, como en La Carolina (Jaén).

En el Ensanche barcelonés las manzanas tienen 133 m de lado y, para mejorar la visibilidad en los cruces de 90°, Cerdá cortó 15 m de fachada a cada lado en cada esquina, formando chaflanes. Los vértices de cada manzana coinciden con los puntos cardinales y, gracias a ello, todos sus lados tienen luz directa del sol a lo largo del día. Ésta era una muestra más de la idea igualitaria que alentaba el Plan.

En el plano de Barcelona se observa, junto al puerto, la forma pentagonal irregular de la ciudad antigua. Fuera de ella, la ordenada cuadrícula del Ensanche sólo se ve alterada por el cruce de las Avenidas Diagonal y Meridiana. La Diagonal toma su nombre del hecho de unir dos vértices de la ciudad (nordeste y sudoeste). La Meridiana se llama así por estar orientada en dirección Norte-Sur, siguiendo un meridiano terrestre. Por eso, la avenida perpendicular a la Meridiana, a los pies de la montaña de Montjuich, es la Avenida del Paralelo. Es una nomenclatura con lógicas geométrica y geográfica.

GEOMETRÍA DE LA ESPECULACIÓN

En el Plan Cerdá, las manzanas debían estar construidas sólo en dos de sus lados, dejando espacio para grandes zonas verdes: plazas



Dimensiones y orientación de las manzanas en el barcelonés barrio del Ensanche, según el Plan Cerdá.

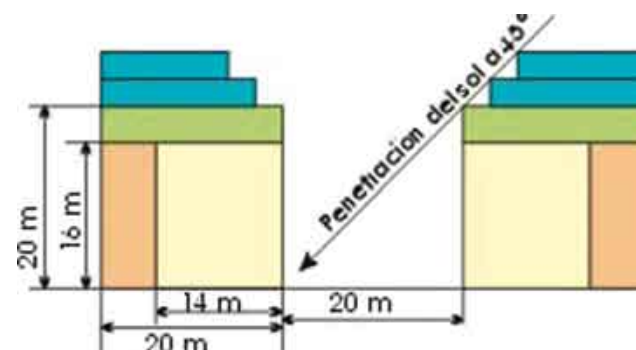
ajardinadas en el interior de cada cuatro manzanas, alternándose con amplios bulevares transversales.

La realidad posterior fue que los propietarios de los terrenos, buscando obtener el mayor beneficio económico posible, consiguieron concesiones del Ayuntamiento: primero construir en los cuatro lados de cada manzana, y después, en algunos casos, también la construcción en el patio interior de talleres, desapareciendo la mayoría de las zonas verdes proyectadas.

En el proyecto original, las casas no debían tener más de 16 m de altura y 14 m de anchura, siendo la anchura de las calles 20 m, y así el sol entraría en la calle durante buena parte del día. También en estos aspectos la especulación alteró el proyecto original. De los 16 m de altura prevista se subió hasta 20 m, argumentando que así con el sol a 45° toda la fachada era iluminada y que eso ya era suficiente (recordemos que $\text{tg } 45^\circ = 1 = 20/20$). Por una forzada e interesada analogía, como las casas tenían 20 m de altura, también se construyeron con 20 m de anchura.

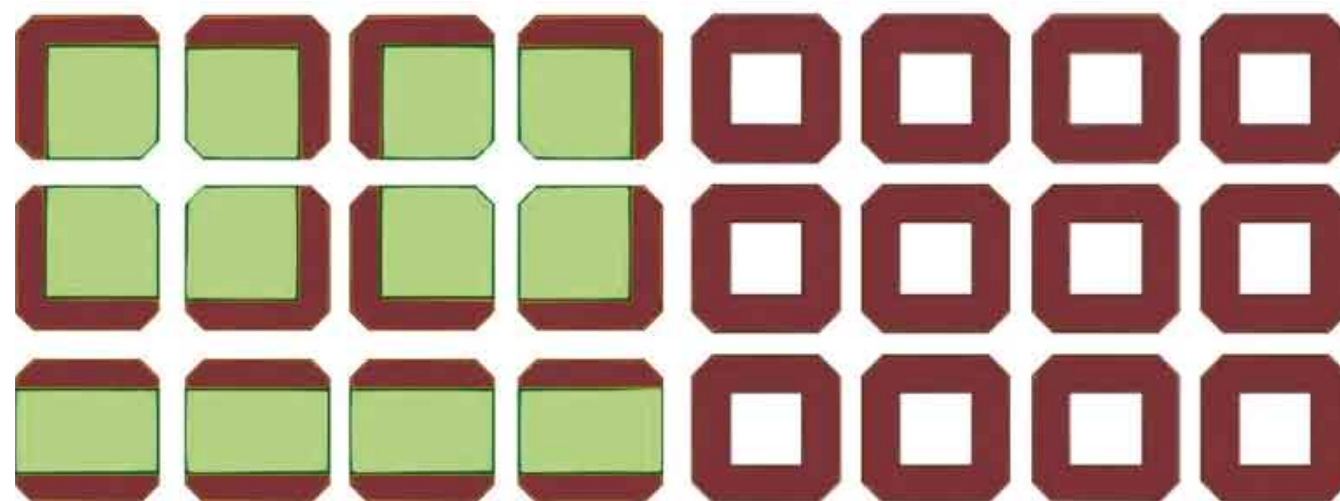
Todavía se rizó más el rizo para conseguir aumentar la construcción. Se pensó que, si se construyen áticos cuya altura sea igual a la an-

chura de su entrada respecto a la fachada, se mantiene el ángulo citado de 45° ; y aún más, lo mismo si se construyen sobreáticos, siempre con la norma de adentrarse una medida igual a la altura construida.



Dimensiones previstas de las casas y sucesivas ampliaciones.

Además de igualitario, Cerdá tenía un ideal higienista: conseguir una vida sana para el pueblo, algo que en el s. XIX suponía una gran transformación social. En la ciudad antigua la población vivía hacinada, sin luz, sin zonas de esparcimiento ni alcantarillado; lo cual era causa de muchas enfermedades y una alta mortandad infantil. Así que proponer zonas verdes y viviendas separadas por amplios espacios, donde corra el aire y entre la luz natural para todos, era algo revolucionario.



El proyecto inicial del barrio del Ensanche y lo que luego se construyó.

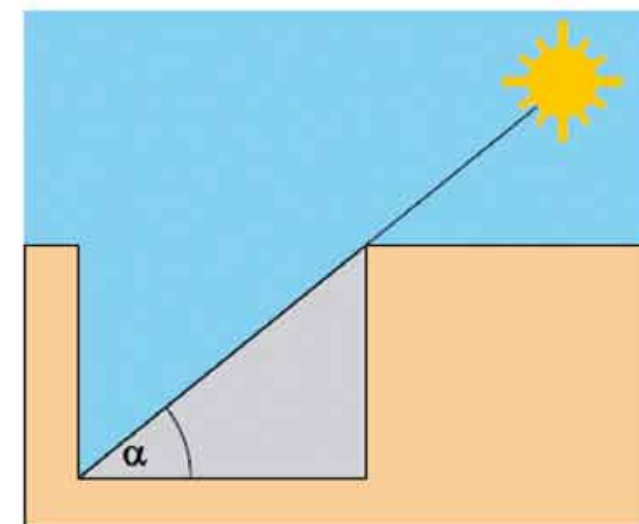
¿Qué consecuencias tuvieron las citadas alteraciones del proyecto? La Geometría elemental nos permite deducirlas. Un sencillo cálculo, por descomposición en prismas, revela que el volumen de construcción aumentó en cada manzana desde los 56.640 m^3 previstos hasta los 171.800 m^3 realizados (sin contar los áticos ni los talleres interiores); es decir, más de tres veces lo proyectado. Pese a ello, el diseño de Cerdá era de tal amplitud que siguió aportando una considerable mejora sobre la habitabilidad de la urbe antigua.

Para poner coto a esos abusos, hoy en día los planes de ordenación urbana establecen en cada zona cuál es el *volumen máximo edificable*; lo cual abre una nueva cuestión geométrica. Para un mismo volumen y sobre una misma base los cuerpos geométricos pueden tener distintas superficies. La Arquitectura puede jugar con ello para lograr una mayor iluminación natural de las viviendas, algo que aporta mayor calidad de vida. De hecho los "pisos exteriores" son más valorados.

EL SOL SALE PARA TODOS

Precisamente, otra consecuencia de las presiones sobre el Plan Cerdá tuvo que ver con la iluminación de las fachadas. De acuerdo con la anchura de las calles (20 m) y la altura proyectada para los edificios (16 m), el ángulo α de elevación solar con que se produciría la iluminación total de una fachada (en realidad de dos, recuérdese su orientación) venía dado por el $\text{arctg}(16/20) = 38^\circ 40'$.

Como ya dijimos, la elevación de los edificios redujo ese ángulo a 45° . ¿Qué importancia tiene esa diferencia de $6^\circ 20'$? Por ejemplo, en un día de 12 horas solares, la iluminación total se produciría en el primer caso durante un recorrido de $51^\circ 20'$, que equivale a 3 h 25 min; mientras que en el segundo se reduciría a 45° , es decir 3 h. En definitiva, 25 minutos menos



Iluminación solar de las fachadas.

de sol para dos fachadas antes de mediodía y otro tanto para sus opuestas por la tarde.

Una alternativa, también igualitaria en cuanto a la iluminación de las viviendas, son los inusuales edificios cilíndricos (hay uno en la zaragozana Plaza de San Antón, cercano a las Murallas Romanas); donde la ausencia de esquinas crea una fachada única y permite que el recorrido solar beneficie a todas las ventanas por igual. Además, para un perímetro de fachada fijo, se maximiza la superficie construida (aunque probablemente surjan otros problemas prácticos).

CIUDAD LINEAL

El modelo lineal es la urbanización a lo largo de una vía de comunicación (carretera, ferrocarril, río, etc). Así ha ocurrido en poblaciones españolas a lo largo del Camino de Santiago o en Volgogrado (antes Stalingrado) en Rusia, siguiendo el curso del Río Volga. A finales del s. XIX, este modelo fue teorizado por el arquitecto y urbanista español Arturo Soria y Mata (1844 – 1920) para resolver el naciente problema del transporte y superar la dicotomía entre el campo y la ciudad. Su diseño conseguía minimizar la suma de trayectos de todos los puntos entre

sí, un propósito de formulación puramente matemática. También, descongestionar las ciudades y lograr el contacto de sus habitantes con la naturaleza.

Arturo Soria proponía unir las viejas ciudades con nuevas urbanizaciones alargadas de 500 m de ancho, con una vía central de 40 m de anchura por la que circulaba el tren. El crecimiento de la ciudad siempre debía ser longitudinal y paralelo a la vía principal. Con estos tramos lineales se formaría una trama triangular, con el campo en el interior junto a la ciudad. En su proyecto ideal esa trama cruzaría Europa, uniendo Cádiz con San Petersburgo.

De la superficie total de la ciudad, un quinto sería para viviendas y el resto en parte para la industria pero sobre todo para la agricultura. En cada parcela unifamiliar de 400 m² estaban previstos 80 m² para la casa y 320 m² para un huerto-jardín. Este modelo sólo se llevó a cabo en Madrid, con 700 casas unifamiliares a lo largo de 5 km que, en 1920, alojaban a 4.000 habitantes (actual Calle Arturo Soria). En la foto aérea del Madrid actual vemos qué queda de aquella Ciudad Lineal: se aprecia la urbanización a lo largo de la avenida serpenteante pero, fuera de ella, no está el campo sino casas y más casas.

SOLUCIONES NO EUCLÍDEAS

Algo interesante de estudiar desde las Matemáticas es cómo en esos trazados urbanos se alteran las reglas de la Geometría Euclídea del Plano. Por ejemplo, la distancia más corta en-

“En la foto aérea del Madrid actual vemos qué queda de aquella Ciudad Lineal: se aprecia la urbanización a lo largo de la avenida serpenteante pero, fuera de ella, no está el campo sino casas y más casas.”

tre dos puntos no siempre es la que da el segmento que los une, pues no podemos atravesar edificios. Tampoco suele ser única, puede haber recorridos alternativos equivalentes (lo saben bien taxistas y repartidores). La distribución de servicios en puntos equidistantes de uno dado (buzones de correos, sucursales bancarias, etc.) ya no viene dada por los puntos de una circunferencia. Y si mantenemos dicho nombre para el lugar geométrico caracterizado por esa propiedad, las circunferencias ya no son redondas y, además, ¿cuántos puntos tienen?

A modo de ejemplo del campo que se abre con estas cuestiones, trataremos la respuesta a la última pregunta. Si en un plano en damero (como Barcelona) consideramos como unidad la longitud de una manzana y tomamos como centro de la circunferencia la intersección de dos calles, se obtiene:

RADIO	1	2	3	4	...	$r \in \mathbf{N}$
Nº DE PUNTOS	4	8	12	16	...	$4 \cdot r$
RADIO	0,5	1,4	2,6	3,7	...	$r \in \mathbf{R}^+ - \mathbf{N}$
Nº DE PUNTOS	4	12	20	28	...	$4 \cdot [2 \cdot E(r) + 1]$



Solución adoptada por la ciudad de Brondy para resolver los problemas de logística.

¿Y si el centro estuviera en otro punto? ¿Y si...? La mediatriz, lugar geométrico de los puntos equidistantes de dos dados, tiene ahora también un número finito de puntos, ¿cuántos?. ¿Y qué pasa con la Desigualdad Triangular o con las cónicas (también lugares geométricos)?

NUEVOS MODELOS

La ciudad evoluciona y se renueva. En los modernos aeropuertos, el diseño fractal de las terminales optimiza la utilización del espacio y de los servicios compartidos por un mayor número de puntos de embarque, así como las posibilidades de ampliaciones futuras. Por motivos de seguridad y de logística, en Brondy, a las afueras de Copenhague, grupos de 24 parcelas con viviendas unifamiliares forman coronas circulares donde, desde la plaza central de cada corona, se pueden controlar y acceder a todas las parcelas minimizando desplazamientos. Cambian los modos de vida, surgen y surgirán nuevas necesidades y nuevas soluciones geométricas.

José María Sorando
Departamento de Matemáticas
IES Elaios, Zaragoza
jmsorando@ono.com

http://catedu.es/matematicas_mundo

EL USO LETAL DE LA CIENCIA:
ARMAS DE
DESTRUCCIÓN
MASIVA

POR JOSÉ MANUEL VICENTE

"...la Ciencia es resultado de la actividad humana, y los seres humanos somos eso hombres, con nuestras virtudes y nuestros defectos, y la Ciencia a lo largo de la Historia también tiene facetas menos agradables, más trágicas."

Explosión nuclear.

*www.fondosescritorio.org/wallpaper/Explosion-Nuclear/

El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva

El objetivo de este artículo es hacer un somero recorrido sobre los riesgos NBQ: sus orígenes, historia, funcionamiento, y amenazas actuales, en cada uno de los campos NBQ, para finalizar con unas conclusiones. En esta primera parte analizaremos el fenómeno de la guerra y las armas nucleares, en una segunda parte continuaremos con el desarrollo de los riesgos biológicos y químicos. En todos ellos veremos los mecanismos de control y desarme.

INTRODUCCIÓN

La Ciencia, con mayúsculas, es considerada por algunas personas casi como una religión, como algo superior a todo lo que le rodea, toda llena de bondad y beneficios para la humanidad. De esta afirmación quiero hacer dos precisiones. La primera es que en cierto modo es una religión para muchos científicos, y algunos que no lo son, que se dedican vocacionalmente a su práctica y su difusión. Pero la Ciencia es resultado de la actividad humana, y los seres humanos somos eso hombres, con nuestras virtudes y nuestros defectos, y la Ciencia a lo largo de la Historia también tiene facetas menos agradables, más trágicas. A una de estas partes es a la que voy a dedicar este artículo, concretamente a las llamadas Armas de Destrucción Masiva (ADM).

Por mi condición de militar, y especialista en esta materia, no las voy a denominar así sino con su nombre técnico: Armas NBQ, en terminología española, que son las que utilizan agresivos Nucleares, Biológicos o Químicos. Y este es el término que utilizaré por comodidad. Aunque hay organismos, como

la OTAN, y autores, que introducen la sigla R (NBQR, RNBQ, NRBQ, etc.) para referirse a las armas radiológicas, pero en el Ejército español el término Nuclear incluye todos los fenómenos procedentes de la radiación aunque su origen no sea estrictamente el núcleo del átomo. En su origen, finales de la década de los 40, e inicio de los 50, se les llamó Atómicas, término que estuvo vigente hasta los años 80.

Pero el nombre en el fondo da lo mismo ya que uno se refiere a las consecuencias de su empleo, ADM, y el otro, NBQ, al origen de su letalidad, y lo importante es que su empleo provoca gran cantidad de muertes, heridos y sobre todo contaminación.

LA GUERRA

Antes de entrar en materia, unas ligeras reflexiones. Las armas se utilizan en las guerras y en los hechos delictivos, y han acompañado al hombre desde el inicio de los tiempos para enfrentarse a los peligros de la naturaleza, los depredadores, para la caza y para defenderse, o atacar, a otros seres humanos, la guerra. La

guerra ha acompañado al hombre desde sus orígenes, ya en la Biblia uno de los primeros hechos narrados es la muerte de Abel en manos de Caín, lo que anecdóticamente puede ser considerado la primera guerra de la humanidad¹.

El caso es que el ser humano opta por la lucha por diversos motivos: el poder, los recursos (alimentos, energía, clima, agua, etc.), las ventajas geográficas (salida al mar, el paso entre montañas, etc.), la religión, las ideas (marxismo, capitalismo) y un largo etc.

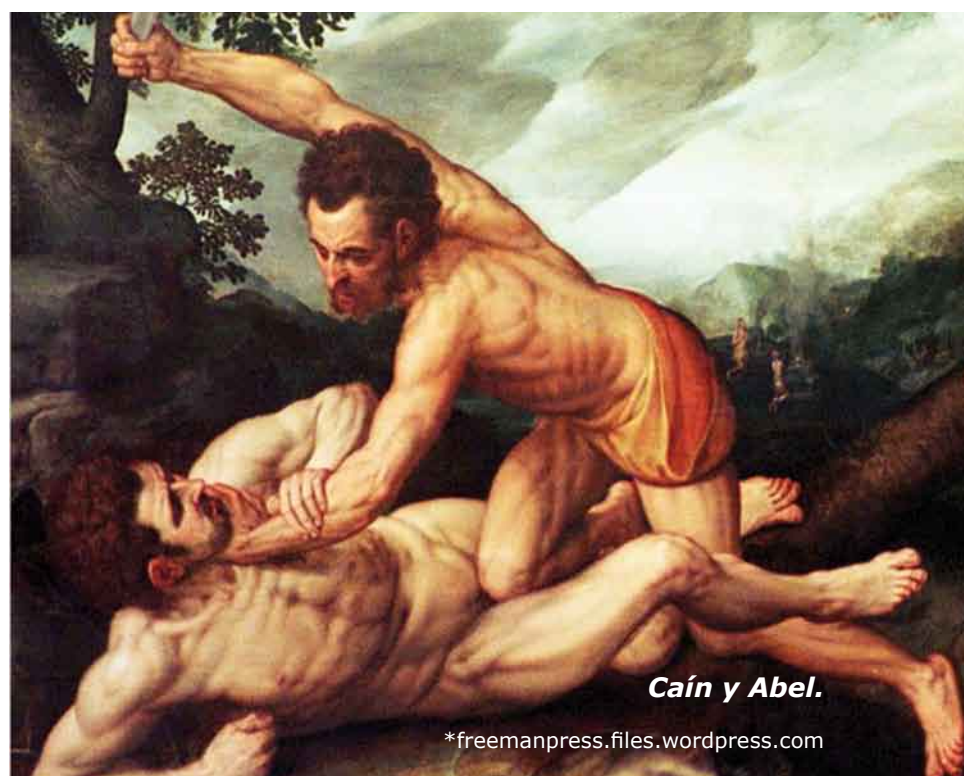
Conforme avanza la historia, y nuestro conocimiento (¿sabiduría?), las reflexiones sobre este fenómeno humano varían, se vuelven más refinadas, y además cada movimiento político intenta dar respuesta a sus orígenes y su esencia. Personalmente prefiero la definición de Clausewitz²: *"la guerra es la continuación de la política por otros medios"*. Que es su frase más conocida y citada por políticos, militares, pensadores y empresarios, entre otros. Aunque el mismo también inventa otra que a mi entender algunos estadistas han olvidado: *"La guerra no es más que un medio para un fin, fin que reside en la paz posterior"*.

Clausewitz pensaba que la guerra moderna es un "acto político", un acto de voluntad, en el sentido volitivo, y esta manifestación la consideraba el único elemento racional de la guerra y el tercero en su teoría de la guerra, los otros dos elementos son: 1º El odio, la enemistad y la violencia, y 2º El azar (suerte, fortuna) y las probabilidades. De hecho escribió *"El primero de estos tres aspectos interesa especialmente al pueblo; el segundo, al comandante en jefe y a su ejército, y el tercero, solamente al gobierno. Las pasiones que deben prender en la guerra tienen que existir ya en los pueblos afectados por ella; el alcance que lograrán el juego del talento y del valor en el dominio de las probabilidades del azar dependerá del carácter del comandante en jefe y del ejército; los objetivos políticos, sin embargo, incumbirán solamente al gobierno"*. Y en este sentido hay que entenderla.

¿Qué papel juegan los científicos en las guerras?³

Los científicos están entre los componentes del pueblo, y se identifican con él, por lo que viven sus mismas vicisitudes, y si hay una guerra aportan todas sus energías a su causa,

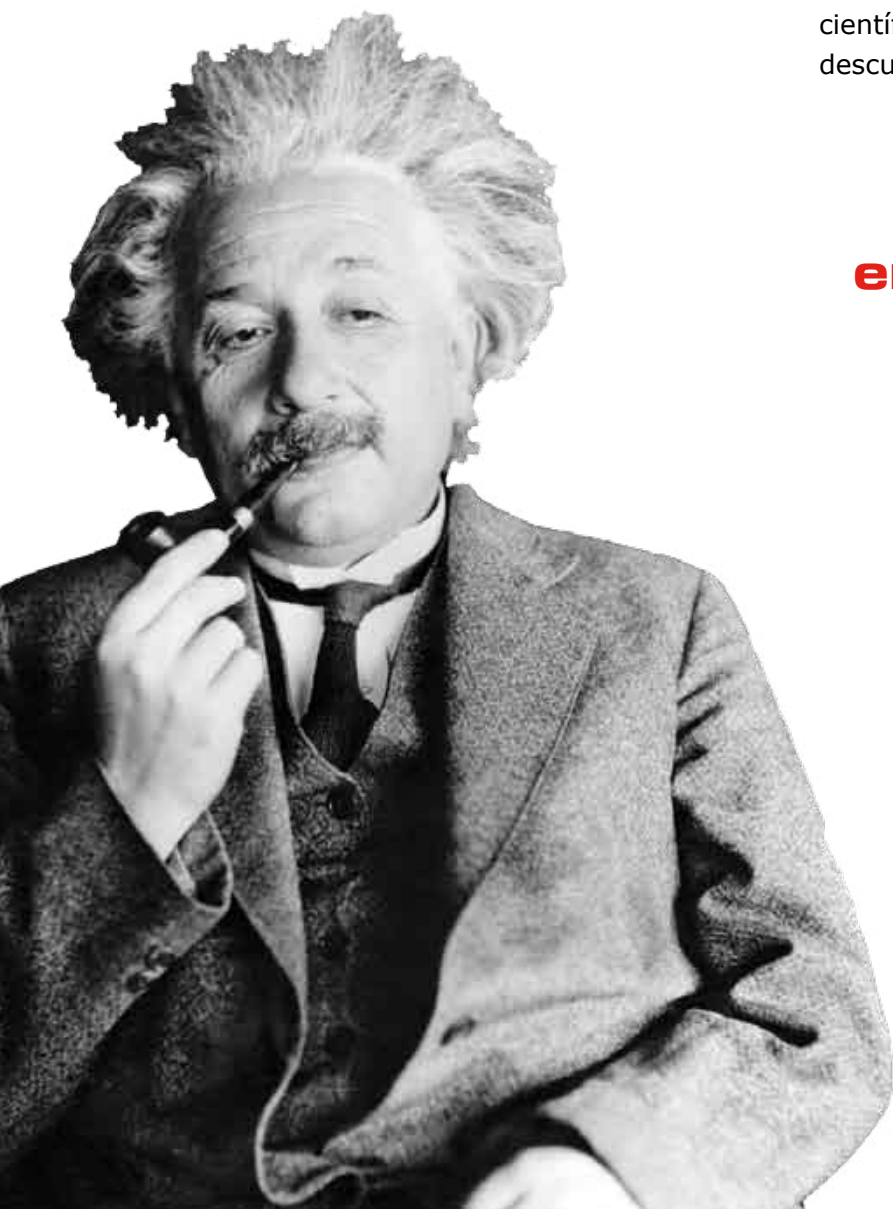
1. Siguiendo con la anécdota sería la más letal de todas, ya que pereció el 25% de la humanidad y el 50% de los contendientes. Otros consideran este hecho como el primer delito, asesinato con premeditación de la historia. Y un poco más en serio, para algunos historiadores es una alegoría que representa la lucha entre los pueblos pastores nómadas, Caín, y los agrícolas sedentarios, Abel.
2. Carl Philipp Gottlieb von Clausewitz fue un militar prusiano del siglo XIX, y uno de los más influyentes pensadores teóricos de la ciencia militar moderna. Su obra más conocida es su tratado *De la guerra*, donde aparece la frase citada, y en el que realiza un análisis sobre los conflictos armados, desde su planteamiento y motivaciones hasta su ejecución, abarcando facetas de todo tipo: táctica, estrategia y sobre todo filosofía. Sus tesis han influido en el desarrollo de la ciencia militar occidental, y se enseñan hoy día tanto en las academias militares como en el del mundo de la empresa, especialmente gestión empresarial y marketing.
3. Magos, sabios, astrónomos, ingenieros, etc. Es decir, las personas que tenían unos conocimientos técnicos (o mágicos) superiores a los de la sociedad en la que vivían.



*freemanpress.files.wordpress.com

El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva

así lo han hecho científicos como Arquímedes, Leonardo Da Vinci, etc. Y más recientemente durante la II Guerra Mundial (II GM), en la que se produjo una carrera, entre científicos alemanes y "norteamericanos"⁴ por alcanzar en primer lugar la Bomba Atómica, y más recientemente los que participaron en el desarrollo de la carrera de armamento durante la Guerra Fría. En resumen, son seres humanos con sentimientos y emociones que viven en una época y sociedad con unos valores, creencias y actitudes determinadas, y así lo hacemos hoy en día a pesar de que muchos proclamen su individualidad, pero pertenecemos a nuestro tiempo y a nuestra sociedad, con su cultura y creencias.



ARMAS NUCLEARES

Los orígenes

En la década de los años veinte Alemania era el centro mundial de la física atómica, en sus universidades se encontraban personajes como: Einstein, Heisenberg, Planck, Born, Geiger, Meitner, Von Laue, Bothe, Herz, Stern, etc. Pero este hecho finalizó cuando en los años treinta el partido nazi llegó al poder y comenzaron las persecuciones a los judíos y extranjeros, lo que provocó la fuga de muchos de los más importantes científicos, principalmente a los Estados Unidos, por lo que Europa perdió la hegemonía en la investigación científica.

A pesar del éxodo, y la pérdida de notables científicos, fue en Berlín, en 1939, donde se descubría el fenómeno de la fisión del uranio,

“Cometí un gran error en mi vida... cuando firmé la carta para el presidente Roosevelt recomendando el desarrollo de la bomba atómica, pero hubo una cierta justificación, el peligro de que los alemanes la hicieran antes”

por Otto Hahn y Lisa Strassmann, una de las características más importante es que en el proceso se libera una gran cantidad de energía.

Desde ese momento, en el que la posibilidad de la bomba era ya una realidad, Alemania y los aliados⁵ comenzaron la “carrera” por alcanzar la Bomba atómica. Aunque en realidad no fue una carrera ya que Alemania apenas podía competir. Por lo que conocemos Alemania no puso demasiado empeño por varios motivos. El primero porque sus principales investigadores (Hans Bothe) se inclinaron por utilizar agua pesada para moderar la reacción en cadena y los aliados destruyeron en Noruega, (Telemark⁶) su fábrica principal. El segundo por falta de apoyo económico (0,5% del presupuesto norteamericano) y de medios al proyecto⁷. Además existían otros factores como: dispersión geográfica, constantes bombardeos de las instalaciones, sabotajes, disminución del número de científicos por éxodo, etc.

EL PROYECTO MANHATTAN

Con este nombre se denominó el proyecto norteamericano para desarrollar la bomba antes que los alemanes. Su antecedente se fija en la reunión que tuvo lugar en Copenhague en septiembre de 1941 entre Werner Heisenberg y Niels Bohr. En ella Bohr creyó que Heisenberg le proponía trabajar para los alemanes en la construcción de una bomba atómica. Tras conocerse la entrevista se desató el temor a que los alemanes la estuvieran desarrollando y provocó el apoyo de los exilados a la bomba, y tuvo como consecuencia el impulso a los proyectos iniciados con anterioridad.

Los británicos iniciaron su proyecto de investigación y desarrollo en marzo de 1940, pero lo abandonan en julio de 1942 en el que se unen a los norteamericanos⁸, y un año más tarde, el 19 agosto 1943, se firma el Acuerdo de Québec, entre Roosevelt y Churchill, que certifica el acuerdo entre ambas naciones.

4. Una parte importante de ellos eran europeos expulsados por el nazismo, aunque la gran mayoría con el tiempo optó por esa nacionalidad.
5. Inicialmente Gran Bretaña en solitario, pues temía que Hitler fuera el primero en tener lo que denominaban el arma definitiva. Posteriormente se unió a los Estados Unidos. La URSS fue independiente y durante la guerra su labor investigadora fue escasa, aunque realizada de manera heroica por los escasos medios que dedicó al proyecto.
6. Allí se encontraba instalada una planta hidroeléctrica denominada Norks Idro construida en 1934, que usaba el agua del río Vemork para efectuar un proceso por el cual se añadía hidrógeno al agua, obteniendo así un producto para potenciar los fertilizantes que era conocido como Agua Pesada. Fue bombardeada, sabotada y atacada por comandos, hechos que han sido llevados al cine.
7. En 1942 tras una entrevista con Heisenberg el ministro Albert Speer afirmaba *“todos los procesos que conocemos actualmente para construir una bomba de uranio son tan increíblemente caros que nos llevaría muchos años y requerirían un gasto técnico enorme que nos costaría billones”*.
8. Razones para abandonar el proyecto fueron: coste, más de 70 millones de libras esterlinas (dinero del que no disponían, ya que se empleaba para el esfuerzo de la guerra), necesidad de utilización de personal a gran escala, tiempo (al menos cinco años), imposibilidad de fabricarlo en la isla mientras durase la guerra por la exposición a los bombardeos alemanes que podían destruir las instalaciones a pesar de que se dispersaran.

El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva

En Estados Unidos, el inicio se fija en la carta que Einstein envió al presidente Roosevelt, el 2 agosto 1939, en la que le pedía que Estados Unidos desarrollara la Bomba⁹. Los historiadores estiman que la consecuencia de esta carta fue la puesta en marcha del Proyecto Manhattan, que logró su objetivo de desarrollar la bomba atómica y condujo a los bombardeos de Hiroshima ("little boy", bomba de uranio) y Nagasaki ("fat man", bomba de plutonio). Einstein, que nunca pensó que las bombas serían utilizadas, se vio muy afectado¹⁰ cuando se emplearon contra Japón.

El 9 de octubre de 1941, Roosevelt autorizó el desarrollo de la bomba atómica. Con esta decisión se crea el Comité del Uranio con la finalidad de resolver los problemas científicos y comenzar a preparar el experimento. Y tras el ataque japonés a Pearl Harbor, 7 de diciembre, los Estados Unidos entran en la II GM.

En el aspecto científico se sugiere que el plutonio podía ser usado, por sí solo, en una bomba, algunas de sus ventajas son: mayor probabilidad de fisionarse, más neutrones por fisión, y menor emisión de neutrones retardados.

En 1942 se producen grandes avances, cito algunos de ellos. Se establecen tres divisiones, a cargo de un premio Nobel cada una: Urey,

con dos métodos de enriquecimiento, Lawrence, con un tercer método de enriquecimiento y la producción piloto de plutonio, y Compton, en física teórica y verificación experimental de la reacción en cadena, física de reacciones supercríticas y exploración de producción de Plutonio-239. Se construyen enormes plantas (Oak Ridge, Tennessee, Hanford y Washington) para obtener el plutonio¹¹ y el uranio-236, necesario.

Bajo la dirección de Oppenheimer se trabaja en los problemas de la difusión de neutrones (su movimiento en la reacción en cadena) e hidrodinámica (comportamiento de la explosión). Se determina que la bomba de fisión es viable, y que la reacción podía iniciarse acoplando una masa crítica¹², ya sea disparando dos masas subcríticas de plutonio o uranio; o por medio de una implosión (efecto de comprimir) de una esfera hueca de los mismos materiales. Por otro lado, Teller estudiaba la posibilidad de fabricar una *Superbomba*¹³, al rodear la bomba de fisión con deuterio y tritio, que no se desarrollaría hasta 1952. En septiembre, se nombra al General Leslie R. Groves a cargo de todas las actividades militares relacionadas al Proyecto DSM (Desarrollo de Materiales Substitutos), que se encargaría de centralizar todas las investigaciones dispersas por el país y construir la bomba.

En diciembre, el grupo de Fermi completa, y opera con éxito, el primer reactor nuclear, el Chicago Pile-1 (CP-1); utilizando varias configuraciones y empleando como moderador el grafito y como material el uranio. Consiguió la fisión del uranio y la producción de 2 neutrones por fisión, con los que podría producir una reacción en cadena y construir una bomba.

Conseguida la reacción en cadena, hay que obtener: combustible concentrado y puro, plutonio 239 o uranio 235, y diseñar (y probar) los sistemas de la bomba. Para esto se trabaja en tres lugares separados y aislados. Para el U-235, se construye Oak Ridge (C.E.W.)¹⁴ en Tennessee; para separar plutonio de los productos de fisión y del uranio, se trabaja en Hanford (H.E.W.)¹⁵. Y por último Oppenheimer y el General Groves eligen los Alamos como el lugar donde se armarían las bombas con las materias primas, uranio enriquecido y plutonio. Allí se reúne un equipo de científicos, con varios premios Nobel, en principio se dedican a profundizar en los cálculos de ensamblaje y encendido de la bomba. La explosión sería más eficiente mientras mayor fuera la velocidad de acercamiento de las masas subcríticas y la pureza y enriquecimiento del uranio, los resultados preliminares no dieron muchos problemas, pues los mecanismos de la bomba eran simples. Para ahorrar U-235, incorporaron un reflector externo, que evita el escape de neutrones, y permite más fisiones, aunque complica la teoría. El resultado fue *Little Boy*, la bomba tipo cañón de Hiroshima, 6 de agosto de 1945, que estuvo lista a fines de julio de 1945, y que ha sido la única de su tipo.

9. El temor de muchos científicos refugiados en EEUU a que el régimen nazi desarrollara la Bomba con anterioridad les animó a tomar la iniciativa, ya que el horror ante los nazis estaba muy fresco en sus conciencias y consideraron una prioridad absoluta detener a Hitler, a cualquier precio. Albert Einstein fue convencido por Leo Szilard y Eugene Wigner, y utilizó su imagen pública e influencia para convencer al presidente Roosevelt a adelantarse a los alemanes en la carrera por la Bomba.
10. Cinco meses antes de su muerte, Einstein escribía la siguiente frase: *"cometí un gran error en mi vida... cuando firmé la carta para el presidente Roosevelt recomendando el desarrollo de la bomba atómica, pero hubo una cierta justificación, el peligro de que los alemanes la hicieran antes"*.
11. Para obtener isótopos de plutonio se tiene que bombardear con neutrones el uranio-235, el cual absorbe los neutrones transformándose en uranio-236, mucho más radiactivo, y plutonio.
12. Es la cantidad mínima de material necesaria para que se inicie una reacción nuclear en cadena. Para un material fisible concreto depende de sus propiedades físicas (principalmente de su densidad) y nucleares (su enriquecimiento y sección eficaz de fisión), su geometría (su forma), su pureza, y de los neutrones que le llegan (si está rodeado o no por un reflector de neutrones).
13. Denominada posteriormente como: bomba termonuclear, bomba H (de hidrógeno, por el uso de sus isótopos Deuterio y Tritio) o de fisión-fusión porque la explosión atómica (fisión) provoca las condiciones necesarias para que se produzca la fusión.
14. Clinton Engineers Works (C.E.W.): Se utilizan, a partir de septiembre de 1942, 24000 hectáreas a 35 kilómetros de Knoxville, Tennessee, en un valle que permitía el aislamiento y con agua para refrigeración. Su misión era obtener U- 235.
15. Hanford Engineer Works (H.E.W.): Se diseñaron y construyeron plantas de separación a partir de ensayos con microgramos de plutonio.

Fat Man (al fondo) y Little Boy, Museo de Historia de Los Álamos.



*www.lanl.gov

El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva

En el desarrollo de la bomba de plutonio se observó que el método de cañón producía fisión espontáneas, lo que provocaría una reacción prematura, por lo que este método se abandona en junio de 1944. La solución fue una implosión simétrica, de la que se demostró su viabilidad en febrero de 1945. El corazón de la bomba se basó en dos hemisferios de menor densidad, niquelados para protegerlos de la corrosión. El resultado fue Fat Man, la bomba de Nagasaki, 9 de agosto de 1945. Hoy los estados que inician su andadura en el armamento nuclear lo hacen con bombas de este tipo. Como la implosión era muy compleja, y como había plutonio disponible, se coordinó un ensayo, en Alamogordo, para junio de 1945. Durante el proceso fallece Roosevelt y le sucede Truman que apoya e impulsa el Proyecto, y con muchos problemas e inconvenientes¹⁶ se detonó, 15 de julio, la bomba *Trinity*, antecesora de *Fat Man*.

En resumen el proyecto Manhattan consiguió su objetivo de producir la primera bomba atómica en un tiempo de 2 años 3 meses y 16 días, realizando la primera prueba nuclear del mundo (*Trinity*) y sus primeros y únicos empleos. Además de un cambio de era, supuso un reto científico inmenso, que produjo tal cantidad de avances en numerosos campos que todavía no se ha evaluado en profundidad su impacto científico y tecnológico.

EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL

La rivalidad con la Unión Soviética (URSS) tras la II GM fue el inicio de la Guerra Fría y la carrera de armamentos, entre ellos los nucleares. Las armas nucleares de las dos grandes potencias se han basado, y se basan, en la denominada Triada, estrictamente su plataforma de lanzamiento o vector: bombardeos estratégicos, muy flexibles; misiles intercontinentales basados en tierra (tenemos dos posibilidades,

protegidos en silos fijos muy fortificados y difíciles de destruir o bien sobre soportes móviles, normalmente plataformas ferroviarias). Por último, misiles embarcados en submarinos nucleares. Estados Unidos destacó en los bombarderos y submarinos y la URSS en los misiles en plataformas móviles.

La estrategia de ambos contendientes, y sus aliados respectivos, se basó durante muchos años en la disuasión, basada en la teoría estratégica denominada Destrucción Mutua Asegurada (MAD)¹⁷. Más tarde la OTAN la abandona por la respuesta flexible¹⁸, que es limitada por los posteriores acuerdos de desarme nuclear que han hecho disminuir el número de ingenios nucleares.

EVOLUCIÓN DE LAS ARMAS NUCLEARES

Los avances científicos han sido innumerables y cada vez más rápidos, por lo que las armas nucleares se pueden clasificar de la siguiente manera, aunque existen otras:

- **"Generación cero" o "bomba A":** Dispositivos experimentales de fisión por disparo y Uranio altamente enriquecido, las bombas están en el rango de la tonelada de peso, capaces de liberar entre 10 y 25 Kt (Kilotones). Éste fue el tipo de bomba lanzada en Hiroshima, *Little Boy*. Fue el tipo de bomba que desarrolló Sudáfrica. También es la bomba que más fácilmente podría construir un grupo terrorista por su "sencillez" de construcción.
- **1ª generación (bomba A):** Fisión por implosión de Plutonio, capaces de liberar entre 10 y 45 Kt. Como ya he dicho son las bombas *Trinity* y *Fat Man*, así como la primera rusa, Joe-1. Mucho más versátiles que las de fisión por disparo, constituyen la base de todas las armas nucleares

modernas. Su tecnología requiere un importante apoyo de electrónica y química compleja. Probablemente Corea del Norte pueda fabricar alguna bomba de esta tecnología, y sería la que tendría Irán, si continúa, como así parece, con la investigación y desarrollo nuclear bélico.

- **2ª generación:** Dispositivos mejorados de fisión por implosión de Plutonio, en particular en lo referente a la geometría de la bomba y a la miniaturización de la electrónica. Se pueden obtener rendimientos de más de 200 Kt con pesos y dimensiones reducidos, permite trabajar con la hidrodinámica de la radiación, abriendo paso a las siguientes generaciones. Tecnología de los años 40. Se cree que Pakistán utiliza esta tecnología. Una de sus pruebas en Chagai fue en principio del tipo fission-boosted, pero liberó muy poca potencia.
- **3ª generación (fission-boosted):** en este estadio básicamente faltan los conocimientos y el refinamiento suficientes para construir una bomba termonuclear, pero se dispone de Deuterio y Tritio, además de litio-6 y litio-7 suficientemente purificados. Se rodea la carga de fisión con estos isótopos ligeros y se espera que el primer pulso de rayos X provoque un cierto grado de fusión de los mismos. Permite hacer explosivos en el rango del medio megatón. Tecnología entre los años 40-50. En este nivel se supone que está Israel, avanzando hacia la 4ª generación. Mordejái Vanunu, físico nuclear israelí que ha estado en prisión por dar a conocer al mundo el programa militar, declaró que hace 18 años ya estaban trabajando en ello.
- **4ª generación:** Termonuclear. Requiere un manejo muy afinado de la Física, la Química y la Metalurgia Especial. Se debe disponer de técnicas de ultra purificación de tritio,



Bomba termonuclear MK-17.

*www.3djuegos.com

16. Además de la presión de Potsdam, muchos problemas amenazaron su éxito: se creía que la implosión era ineficiente, el tiempo en Alamogordo era inestable exponiendo los detonadores a la corrosión, el corazón no cupo en la bomba por expansión térmica, se oxidó la capa protectora, etc. Hubo pánico de sabotaje. E incluso algunos quisieron posponer el ensayo.
17. Loco en inglés, y que asumía que cualquiera que empezara una escalada nuclear se vería golpeado por la respuesta nuclear de su adversario e igualmente destruido. Es lo que en teoría de Juegos se llama juego de suma cero, nadie gana si elige esa opción.
18. Responde a los conceptos de la respuesta graduada. Cada amenaza, o agresión, tiene una respuesta proporcionada a la naturaleza de aquella. Se basa en la esperanza de dominar el proceso de escalada y conducir al adversario a detenerse o negociar. Se desarrolló a partir de los años 70 para ser utilizada en escenarios muy concretos, como Europa.

El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva

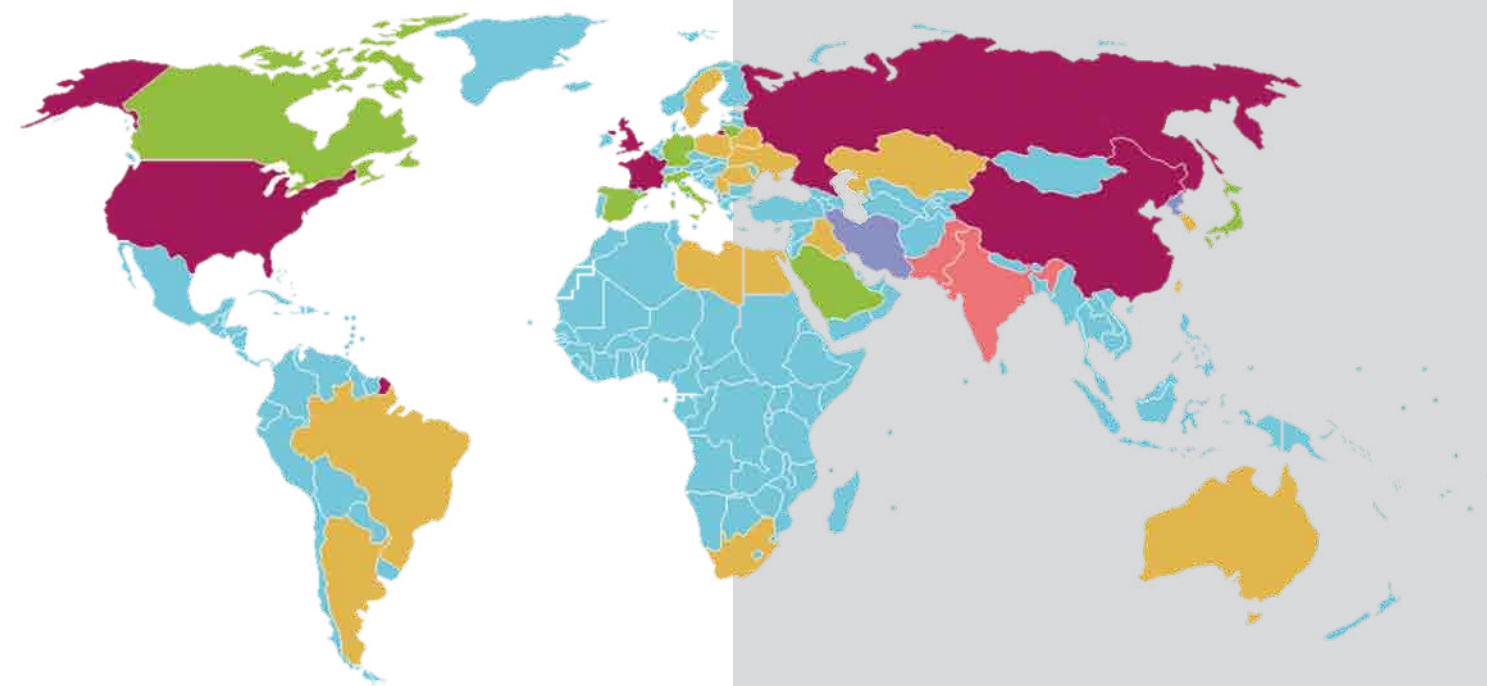
deuterio, litio-6 y litio-7, y de dispositivos de fisión lo bastante pequeños y versátiles como para utilizar una bomba A como iniciador de una reacción de fusión producida en un contenedor de isótopos livianos. En principio, no existe límite teórico sobre lo que se puede lograr con esta tecnología. Los rusos llegaron a fabricar la "Bomba del Zar", que produjo una potencia de 50 Megatonnes (Mt), aunque estaba previsto alcanzar los 100 Mt. Con esta tecnología se fabricaron las grandes bombas de la Guerra Fría. Cuatro armas de esta generación cayeron sobre España en 1966 durante el incidente de Palomares. Tecnología de los años 50-60. En esta etapa están India y China.

- **5ª generación:** Es un paso más en el refinamiento de la Física y los diseños versátiles. El resultado son las bombas termonucleares de tamaño y peso reducido (pueden contener medio megatón en algo poco más grande que un termo de café con una pelota de fútbol encima, que viene a pesar unos 60 Kg.). Y derivados de gran versatilidad: bomba de neutrones¹⁹, de radiación residual reducida, de radiación térmica incrementada, de rayos X, de rayos ultravioleta, de pulso electromagnético incrementado, de hidrodinámica fluctuante, etc. Es decir, dispositivos pequeños y adaptados para cada necesidad específica, casi todos ellos termonucleares. Tecnología de los años 70-80. Francia está aquí, pero avanzando hacia la 6ª, seguida de cerca por los ingleses. Si los países occidentales industrializados (Japón, Alemania, Canadá, etc.) decidieran entrar al club, seguramente lo harían entre la 3ª y la 5ª generación.
- **6ª generación:** Cargas termonucleares de tamaño miniaturizado con geometrías complejas (que por ejemplo reducen la cantidad de Plutonio en el primario a 4

Kg.), fuentes neutrónicas miniaturizadas, lentes de no-materia y centelleador de geometría avanzada con sólo unos cientos de gramos de Plutonio. Son armas de potencias no muy altas porque la precisión de los actuales misiles no lo requiere. De todas formas, la potencia es variable y puede ser programada antes del lanzamiento entre décimas de kilotón y varios megatonnes. Diseños con plásticos, composites y cerámicas en vez de metales y con geometrías especiales para contribuir a la "invisibilidad" del vehículo de reentrada; todo ello manteniendo la versatilidad de derivados de la quinta generación. Tecnología de los años 90. A este nivel sólo llegan actualmente los Estados Unidos y Rusia.

He estado utilizando términos como Kilotón (Kt) y Megatón (Mt), veamos que son. El Kt es una unidad de medida para determinar la potencia de una explosión nuclear, equivale a una explosión isimultánea! de 1.000 Tn de explosivo convencional (TNT), es decir, la explosión de la carga de 50 camiones de 20 Tn, itodos a la vez! Y ésta es una medida muy pequeña, la explosión de Hiroshima fue 20 veces superior, siguiendo con nuestro ejemplo sería la explosión simultáneamente de 1.000 camiones de 20 Tn de TNT. Un Megaton son 1.000 Kt, es

"El principal peligro viene dado por dos fenómenos: la proliferación, en especial si se produce en estados fallidos, y el terrorismo."



MAPA NUCLEAR:

- **Los cinco países con armas nucleares del NPT.**
- **Otros países con armas nucleares.**
- **Países sospechosos de tener armas nucleares o de estar en proceso de desarrollarlas.**
- **Países que alguna vez tuvieron programas de desarrollo de armas nucleares.**
- **Países capaces de desarrollar armas nucleares en pocos años si lo deciden.**

decir, 1150.000 camiones!! Así podemos hacernos idea de la enorme potencia que tienen estas armas.

LA AMENAZA HOY EN DÍA

Hoy en día los peligros no vienen como hace 40 ó 50 años por una guerra nuclear a gran escala. Para la OTAN, esta amenaza sigue existiendo pero con una posibilidad muy pequeña. El principal peligro viene dado por dos fenómenos: la proliferación, en especial si se produce en estados fallidos²⁰, y el terrorismo.

19. También se la conoce como de fisión-fusión o bomba sucia. Produciría pocos efectos mecánicos, poca destrucción y, sin embargo, la radiación neutrónica sería muy elevada por lo que la vida sería imposible en la zona afectada. Estaba pensada para ser utilizada en Europa frente a una invasión en masa de las 50 divisiones acorazadas (tanques) soviéticas, y así no destruir sus infraestructuras.
20. Este nombre sirve para designar a un Estado débil en el cual el gobierno no tiene el control, o es escaso, sobre su territorio y sus habitantes. Es decir, no puede aplicar sus leyes (financieras, penales, civiles, etc.) dentro de sus fronteras y sus elementos para hacer cumplirlas (jueces, policías, y en último caso el ejército) no son efectivos o fiables. Cuando esto sucede la misma existencia del Estado llega a ser dudosa, y el país se convierte en un Estado que ha fallado o Estado fallido. Los estados fallidos lo pueden ser porque su población se fracciona en etnias, clanes, señores de la guerra, narcotraficantes, partidos políticos, religiones, etc. Puede ser por una acción interior, o bien por una acción exterior que apoya a una de las causas antes citadas. Según el Fund for Peace (Fondo por la Paz) de 177 estados, 38 estaban "en alerta", 93 "en peligro", 33 "moderados", y 13 "sustentable". Entre los peores se encuentran: Somalia, Afganistán, Pakistán, Zimbabwe, Chad, Etiopía y Nigeria.

El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva

Proliferación

Hay que entenderla como los esfuerzos por poseer armamento nuclear. Hay que tener en cuenta que desde 1968 está en vigor el Tratado de No Proliferación Nuclear (NPT, *Nuclear Non-Proliferation Treaty*), que limita la posesión de armamento nuclear a cinco países²¹: Estados Unidos, Rusia (antes URSS), Gran Bretaña, Francia y China. A los no poseedores, firmantes del Tratado, se les proporcionará tecnología nuclear de uso pacífico. La gran mayoría de los estados soberanos (188) forman parte del Tratado.

Entre los que no han firmado el Tratado se encuentran cuatro países, India, Pakistán, Corea del Norte²² e Israel. Los cuatro poseen armas nucleares, en el caso de India y Pakistán, de una forma clara, ratificado tanto por sus experimentos y declaraciones. El problema es que ambos están guerra entre si por la disputa de la región de Cachemira, y además Pakistán está considerado como un estado poco fiable (fallido).

Corea del Norte ha realizado al menos una prueba con armas nucleares, y durante el año 2009 ha realizado pruebas con misiles capaces de llevarlas y que, en alcance, han sobrepasado Japón. Es el único estado estalinista, y hasta ahora ha negociado, varias veces, con Estados Unidos y Japón el detener su programa nuclear a cambio de contraprestaciones económicas, alimentarias (ha sufrido varias hambrunas) y tecnológicas (nucleares), pero alcanzados sus objetivos siempre ha vuelto a la carrera nuclear.

Israel no es miembro del Tratado, ni desmiente ni afirma tener armas nucleares, pero se cree que ha estado desarrollando armas nucleares en el Centro de Investigación Nuclear del Néguev, cerca de la ciudad de Dimona, desde 1958, y se supone que tiene almacenadas unas 100 cabezas nucleares.

Irán, que si es firmante del Tratado, ha estado en los últimos años enriqueciendo uranio, y tiene un amplio programa para el desarrollo de un ingenio nuclear, a lo que se une su capacidad para lanzarlas²⁴. Irán no es un estado fallido pero su régimen, islámico y potencialmente dictatorial, busca la expansión de su influencia en su entorno geopolítico y sobre todo la destrucción de Israel.

Sudáfrica empezó un programa de armas nucleares, supuestamente con la asistencia de Israel, y puede haber realizado pruebas nucleares en el Atlántico. Pero tras la firma del Tratado en 1990 ha renunciado a su programa nuclear y ha destruido su pequeño arsenal atómico. Es el único estado en hacerlo.

Terrorismo

El principal temor es que un grupo terrorista se haga con un arma nuclear. El riesgo de que fabriquen una es muy lejano, ya que su principal inconveniente es su sofisticada tecnología y el inmenso acopio de medios técnicos que son necesarios para fabricarlas y mantenerlas. Por esto su uso, por parte de los terroristas, puede producirse por medio de:

- **Bombas sucias** o radiactivas, conocidas como Dispositivos de Dispersión Radiológica (DDR). Son bombas de explosivo convencional que tienen adosados materiales radiactivos, tales como desechos de los servicios de medicina nuclear de los hospitales, de industrias nucleares y, más difícilmente, de los residuos de las instalaciones nucleares.
- **Bombas atómicas rudimentarias** o Dispositivos Nucleares Improvisados (DNI). Son bombas atómicas que, debido a la calidad de sus materiales y a un proyecto deficiente, producen al explotar una pequeña fracción de la energía nominal para la que fueron construidas.

Pero reafirmo que estos riesgos son muy lejanos ya que, en la práctica, los grupos terroristas actuales no disponen de medios técnicos, materiales y humanos para desarrollarlos; y además los gobiernos y los organismos internacionales están muy sensibilizados con esta posibilidad y su vigilancia es exhaustiva.

José Manuel Vicente
Dpto. de Sistemas de Armas
Academia General Militar
Zaragoza



EOD-Explosive Ordnance Disposal (Eliminación de Municiones y Artefactos Explosivos)

*militaryphotos.net

21. Son los mismos que tienen asiento permanente en el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas.
22. Corea del Norte era un país miembro del Tratado, anunció una renuncia el 10 de enero de 2003 y lo hizo formalmente en abril.
23. Amplia información sobre el programa nuclear israelí en Dimona fue revelada por el técnico Mordejái Vanunu en 1986.
24. Irán realizó pruebas con misiles de largo alcance Sh-ahab-3 ("Meteorito-3"), en septiembre de 2009, con un alcance de unos 2.000 kilómetros, lo que coloca a Israel y las bases militares de Estados Unidos en la zona del Golfo dentro de un potencial blanco.

*"Exactitud y
precisión son
dos vocablos
cuyos conceptos
no suelen estar
muy claros y con
frecuencia se aplican
indistintamente."*

¿ERROR O INCERTIDUMBRE?

POR RAFAEL NÚÑEZ-LAGOS



Instituto Nacional de Estadística, Madrid.

¿Error o incertidumbre?

INTRODUCCIÓN

Supongamos que el peso de una moneda resultase ser $m = 10,56 \pm 0,05\text{g}$ y preguntásemos a diversas personas, incluidos científicos, qué quiere decir ese $\pm 0,05\text{g}$ que se añade al valor. Sin duda obtendríamos variadas respuestas. Hay quien afirmaría que es el error de la medida, otros dirían que es la precisión con que está hecha, hay quien hablaría de la incertidumbre del resultado, otros aseverarían que indica que el peso lo mismo podría ser $m = 10,56 - 0,05\text{g} = 10,51\text{g}$ que $m = 10,56 + 0,05\text{g} = 10,61\text{g}$ etc. Es claro que todos ellos pretenden decir con palabras que ese $\pm 0,05\text{g}$ es una forma de asegurar que el resulta-

do no se conoce bien del todo, unos dirían que no se conoce de manera precisa y otros que no se conoce exactamente. Exactitud y precisión son dos vocablos cuyos conceptos no suelen estar muy claros y con frecuencia se aplican indistintamente. El propio diccionario de la Real Academia de la Lengua Española dice que precisión, en su acepción 2, es: "determinación, exactitud, puntualidad, concisión". Es, por tanto, lógico que el común de las personas use indistintamente exactitud y precisión, y lo mismo sucede con otros dos vocablos íntimamente relacionados con ambos como son el error y la incertidumbre, pues son sus medidas cuantitativas. Sin embargo, científicamente estos vocablos no son sinónimos, se refieren a conceptos diferentes, tienen significados distintos y en las medidas experimentales tienen que utilizarse adecuadamente.

Las cuatro posibilidades que permiten las parejas error $\leftrightarrow$ exactitud e incertidumbre $\leftrightarrow$ precisión se pueden dar en las situaciones reales de un laboratorio. Así, un resultado puede ser preciso y exacto, preciso e inexacto, impreciso y exacto e impreciso e inexacto.

El concepto de probabilidad está implícito en todos los cálculos de errores e incertidumbres y eso requiere necesariamente utilizar una estadística determinada. Tradicionalmente se ha utilizado en todos los cálculos científicos la estadística clásica, o Laplaciana, que utiliza un concepto de probabilidad frecuencial o frecuentista. Hoy día se está comenzando a utilizar también la estadística Bayesiana.



*Foto por LouBrave (www.flickr.com)

La incertidumbre es una estimación de la probabilidad. Por ejemplo, cuando pensamos qué decisión tomar ante un problema o situación, tenemos ante nosotros una duda respecto a qué elegir entre un abanico de opciones que se nos presentan como posibles. Lo que realmente hacemos, conscientemente o no, es es-

timar la probabilidad que tiene cada una de ellas de producirnos un mayor beneficio o utilidad o un menor riesgo o peligro. Estamos, en resumen, estimando probabilidades de beneficio o riesgo. La teoría de la probabilidad nos sirve para poder evaluar, cuantitativamente, las distintas probabilidades en muy diversas situaciones. La evaluación de la probabilidad puede hacerse subjetivamente pero en un laboratorio tiene que realizarse lo más objetivamente posible y cuantitativamente.

INCERTIDUMBRE, ERROR, PRECISIÓN Y EXACTITUD

Cuando efectuamos la medida de una magnitud física, tratamos de establecer su valor en una situación experimental definida. El **procedimiento de medida** es el conjunto de operaciones, descritas explícitamente, que se utilizan para efectuar una medida particular utilizando un método dado, por ejemplo, la determinación cuantitativa de un determinado contaminante en una sustancia. **Mesurando** es la cantidad particular objeto de la medida, como podría ser la actividad radiactiva alfa total de una muestra o el carbonato cálcico contenido en el agua. El resultado de la medida del mesurando suele ser, por lo general, una cantidad positiva y cuantifica un efecto físico. El resultado de la medida es el valor atribuido al mesurando.

Es claro que la magnitud física que pretendemos medir tiene un valor concreto que llamaremos **valor verdadero** pero que, por lo general, es desconocido. Por tanto, en la mayoría de las situaciones lo que hacemos es una **estimación** del valor del mesurando que podrá ser más o menos cercana al valor verdadero. Esta

EJEMPLO: MEDIDA DE LA ACTIVIDAD ESPECÍFICA DE UNA MUESTRA CONTAMINADA CON UN ISÓTOPO.

Se trata de determinar la actividad específica de un isótopo que se supone que está contaminando una muestra. Una vez preparada adecuadamente la muestra junto con una muestra blanca, es decir, una muestra idéntica pero sin el contaminante, se procede a efectuar las medidas correspondientes. El Valor Guía para la actividad específica del isótopo es $V_g = 100\text{Bq/g}$. (Bq/g, Becquerelios por gramo de muestra, 1 Becquerelio es una desintegración por segundo).

Muestra blanca.

Las medidas de la muestra blanca incluyen el posible fondo que pueda tener el equipo.

Los resultados de 8 medidas para la muestra blanca han sido en Bq/g:

$$x_{0i} = 66,5 - 69,3 - 72,7 - 71,8 - 64,6 - 69,7 - 69,1 - 64,9 \text{ Bq/g}$$

Con ellas se procede a calcular el **Valor Medio**:

$$\bar{x}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^8 x_{0i} = (66,5 + 69,3 + 72,7 + 71,8 + 64,6 + 69,7 + 69,1 + 64,9) / 8 = 69,1\text{Bq/g}$$

y la **Desviación Cuadrática Media** (en otras palabras la **Varianza**):

$$\sigma_0^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^8 (x_{0i} - \bar{x}_0)^2 = [(69,1-66,5)^2 + (69,1-69,3)^2 + (69,1-72,7)^2 + (69,1-75,8)^2 + (69,1-64,6)^2 - (69,1-69,7)^2 + (69,1-69,1)^2 + (69,1-69,4)^2] / 7 = 9,3 \text{ (Bq/g)}^2$$

La **incertidumbre** de la medida de la muestra blanca (sin tener en cuenta otras posibles fuentes de incertidumbre) es la raíz cuadrada de la Varianza:

$$u_0 = \sqrt{\sigma_0^2} = 3,1 \text{ Bq/g}$$

¿Error o incertidumbre?

mayor o menor cercanía entre el valor estimado y el valor verdadero es lo que se entiende por **exactitud** y el **error** es la medida de la **exactitud** o en otras palabras, cuánto se separa el valor atribuido al mesurando del valor verdadero. Insisto una vez más que, como el valor verdadero del mesurando, casi siempre, es desconocido, no se puede hablar en tales casos ni de error ni de exactitud.

Cuando se expresa el resultado de la medida de un mesurando es necesario dar una indicación de su calidad, de manera que quien utilice el valor obtenido pueda estimar su fiabilidad. La medida de esa calidad se concreta en la **incertidumbre** del resultado,

que no es más que una caracterización de la dispersión de los valores que pueden atribuirse razonablemente al mesurando objeto de la medida. ¿Qué se hace en el laboratorio para dar una buena estimación del mesurando? Todos los científicos lo saben, repetir la medida tantas veces como sea razonable en idénticas condiciones y calcular el valor medio, que se utilizará como valor atribuido al mesurando, y la desviación cuadrática media, que no es más que la varianza, puesto que los valores obtenidos no son todos idénticos. La incertidumbre es una medida de la **precisión**, es una forma de cuantificar lo concentrados o dispersos que se encuentran, alrededor de su valor medio, los distintos resultados que se han obtenido. La incertidumbre es la raíz cuadrada de la varianza y se utiliza porque la varianza tiene las unidades al cuadrado, de las que tenga el valor medio, mientras que la incertidumbre tiene las mismas.

“Si la incertidumbre es pequeña el resultado será preciso, y al contrario si es grande, pero nada sabemos sobre si el resultado es o no exacto.”

Hemos introducido, pues, cuatro conceptos: incertidumbre, precisión, error y exactitud. Está claro, por tanto, que en la mayoría de las situaciones con que nos encontramos en el laboratorio,

de lo que podemos y debemos hablar es de incertidumbre y no de error, y si se pudiesen cuantificar ambas, precisión y exactitud, serían dos números distintos y obviamente no mezclables.

Veamos un ejemplo: admitamos que el valor verdadero de una magnitud A , sea $a = 100 \pm 5v$, donde v son las unidades de medida, es decir, conocemos su valor verdadero con bastante precisión pues sólo tiene una incertidumbre de un 5%.

Nótese que se trata de la incertidumbre del valor verdadero. Éste dato sería más preciso que si el valor verdadero fuese $a = 100 \pm 50v$, donde la incertidumbre sería del 50%. Cuanto menor sea la incertidumbre mayor es la precisión. Si se midiese la magnitud A y se calculase su valor medio que supongamos que fuese $\bar{a} = 70 \pm 5v$ tendríamos un valor bastante preciso que atribuimos al mesurando, solamente un 5% de incertidumbre pero no muy exacto, pues el error sería de $e = 100 - 70 = 30v$. Si el resultado de la medida hubiese sido $\bar{a} = 70 \pm 50v$ habría sido impreciso e inexacto y si hubiese sido $\bar{a} = 95 \pm 5v$ habría sido bastante preciso, 5% de incertidumbre, y bastante exacto $e = 100 - 95 = 5v$, 95% de exactitud.

Ahora, espero que se haya podido ver, claramente, que error e incertidumbre son dos conceptos muy distintos y cómo un resultado puede ser más o menos exacto, es decir, con poco

*Foto por Lodonnec (www.flickr.com)

o mucho error e independientemente ser más o menos preciso, o sea con menor o mayor incertidumbre. La incertidumbre es una medida de la precisión: si la incertidumbre es pequeña el resultado será preciso y al contrario si es grande, pero nada sabemos sobre si el resultado es o no exacto. El error es una medida de la exactitud: si el error es pequeño el resultado será bastante exacto y al contrario si es grande, pero nada sabemos de la precisión. Son dos magnitudes completamente distintas y no tienen que ver la una con la otra. Por desgracia, en la mayoría de las situaciones reales, el error es difícil de conocer e incluso de estimar.

INCERTIDUMBRES DE TIPO A Y DE TIPO B

Antiguamente se hablaba en las medidas experimentales de error estadístico y error sistemático. Hoy día se definen dos tipos de incertidumbres denominados **incertidumbres de tipo A y de tipo B**. De tipo A son todas las incertidumbres que se pueden caracterizar por una varianza calculada por métodos estadísticos. La incertidumbre de tipo B se tiene que expresar también como una varianza aunque el método de cálculo no sea estadístico. Pueden ser evaluadas a partir de distribuciones de probabilidad, supuestas o conocidas, a partir de la propia experiencia o en otras informaciones. Como ejemplo de incertidumbre de tipo B podríamos citar la varianza resultante de un ajuste no lineal por mínimos cuadrados. Es decir, lo que se calcula siempre son varianzas tanto de tipo A como de

A partir de este dato se puede calcular el **Umbral de decisión** y el **Límite de detección**.

El **Umbral de decisión x^*** se puede calcular de forma aproximada mediante la expresión $x^* = k_\alpha u_0$. Para una probabilidad $\alpha = 0,05$, de cometer un error de tipo I el valor de k_α que corresponde es $k_\alpha = 2$ por lo tanto:

$$x^* = k_\alpha u_0 = 2 \times 3,1 = 6,2 \text{ Bq/g}$$

Si el resultado neto fuese mayor que el Umbral de decisión, $A > x^*$, se podrá afirmar que en la muestra existe el contaminante. (El efecto físico existe realmente) y proceder a los cálculos correspondientes.

El **Límite de detección $x^\#$** , se puede calcular mediante varias formulas aproximadas, la más simple de todas es que el Límite de detección es el doble del Umbral de decisión, si usamos esta sencilla aproximación, $x^\# \approx 2x^*$, se obtiene:

$$x^\# \approx 2x^* = 2 \times 6,2 = 12,4 \text{ Bq/g}$$

El Valor Guía es **$V_g = 100 \text{ Bq/g}$** . Como el límite de detección es bastante inferior, **$12,4 \text{ Bq/g} < 100 \text{ Bq/g}$** , los equipos y métodos de medida son adecuados para la realización de la medida.

Resultados de la medida de la muestra.

Los resultados de la medida de la muestra con contaminante han sido:

$$x_i = 731,9 - 714 - 786 - 713 - 767 - 803,5 - 772 - 683 \text{ Bq/g}$$

Valor medio:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^8 x_i = (731,9 + 714 + 786 + 713 + 767 + 803,5 + 772 + 683) / 8 = 746,3 \text{ Bq/g}$$

¿Error o incertidumbre?

tipo B. La expresión final de la incertidumbre refleja la suma de ambas, puesto que la varianza de la suma es la suma de las varianzas. La **incertidumbre total** es la raíz cuadrada de la varianza total final y se suele denotar por u . En su cálculo se han debido de tener en cuenta todas las posibles causas de incertidumbre a través de sus respectivas varianzas. El cálculo de incertidumbres no es más, por tanto, que el cálculo de varianzas.

Aunque se tiene la tentación de identificar ambos tipos de incertidumbres, A y B, con los antiguos errores estadístico y sistemático, pues aparentemente parecen los mismos, no debe ni puede hacerse. En primer lugar porque son incertidumbres y no errores y en segundo lugar son siempre varianzas y no algo indefinido que no se sabía lo que era ni como tratarlo, como era el error sistemático. La desviación estándar, que se calcula a partir de un conjunto de resultados experimentales o a partir de la distribución estadística de los mismos, es todo o parte de la incertidumbre de tipo A.

La incertidumbre total es una medida del nivel de confianza del resultado e indica cuál es la probabilidad de que el resultado de una medida se encuentre dentro de los límites marcados por la misma. El **intervalo de confianza** son dos valores del mesurando que definen un intervalo, que contiene al valor medido con una cierta probabilidad. Se define de forma que la probabilidad, de que el resultado de una medida del mesurando esté fuera del intervalo de confianza, sea $\gamma/2$ de que se encuentre por arriba y $\gamma/2$ de que se encuentre por abajo, lo que implica que no tiene por qué ser simétrico respecto al valor asignado al mesurando.

Por tanto γ es la probabilidad de que un resultado se encuentre fuera del intervalo de confianza y $1-\gamma$ es la de que esté dentro.

La probabilidad $1-\gamma$ se denomina **nivel de confianza** y es, por tanto, la probabilidad de que un resultado se encuentre dentro del intervalo de confianza. Se suele tomar la anchura del intervalo de confianza como la incertidumbre calculada a partir solamente de la varianza, σ de una distribución Normal, en tal caso el nivel de confianza resultaría ser del 68,27%. Cuando se ha definido un valor de γ de antemano, y se desea un nivel de confianza mayor que el dado por σ , se suele utilizar la incertidumbre expandida, que no es más que el resultado de multiplicar la incertidumbre total calculada (suma de las de tipo A y de tipo B) por un factor, llamado factor de cobertura, k , que, en resumen, aumenta el nivel de confianza. Se suelen utilizar distribuciones Gaussianas y de forma estándar, $k = 2$ que corresponde a niveles de confianza del 95,45%.

ERRORES DE TIPO I Y DE TIPO II

Se definen dos tipos de errores llamados de **tipo I** y de **tipo II**, también llamados errores de primera y segunda clase o de primera y se-

gunda especie. Aquí, como veremos, se puede hablar con pleno sentido de error.

Se comete un error de tipo I, o de primera clase, cuando afirmamos que un efecto físico existe o está presente en la muestra bajo medida cuando realmente no lo está con una cierta probabilidad, α , de estar equivocados. Es decir, el posible resultado que obtenemos de nuestra medida lo atribuimos al mesurando y afirmamos que el efecto buscado está presente con una cierta probabilidad, α , de estar equivocados. Un ejemplo sería afirmar que una muestra tiene un contaminante cuando realmente no lo tiene. Es muy importante, en este concepto, hacer explícita la probabilidad de estar en lo cierto o su complementario de estar equivocado. Lo más común es utilizar una probabilidad $\alpha=0,05$ de estar equivocado.

Se comete un error de tipo II, o de segunda clase, cuando se afirma que un efecto físico no está presente en la muestra bajo medida cuando realmente sí lo está con una probabilidad, β , de estar equivocados. Un ejemplo sería afirmar que no está presente un contaminante en una muestra cuando realmente sí que está. Como vemos, es correcto hablar, en estos casos, de errores pues contrastan la medida y la realidad.

Aunque no hay ninguna razón para que las probabilidades α , β y γ sean iguales, en la práctica sí se hace así y es bastante frecuente que se tome $\alpha = \beta = \gamma = 0,05$

Lo que hay implícito en lo que hemos descrito, como errores de tipo I y II, es un Test de Hipótesis. Se acepta la hipótesis H_0 nula: el efecto que se quiere medir no existe realmente. Esto implica que la distribución estadística de los resultados netos de medida, que el teorema del límite central nos permita asignar a una distribución normal, debería estar centrada en el cero como podría ser la curva azul de la figura final. La hipótesis complementaria H_1 es suponer que el efecto que se quiere medir existe

Desviación cuadrática media:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 =$$
$$= [(746,3-731,9)^2 + (746,3-714)^2 + (746,3-786)^2 + (746,3-713)^2 + (746,3-767)^2 + (746,3-803,5)^2 + (746,3-772)^2 + (746,3-683)^2] / 7 = 1.757,6 \text{ (Bq/g)}^2$$

La incertidumbre de los resultados con $k=1$ y sin tener en cuenta otras posibles fuentes de incertidumbre es:

$$u = \sqrt{\sigma^2} = 41,9 \text{ Bq/g}$$

El **Valor neto de la actividad específica** es por tanto:

$$A = \bar{X} - \bar{X}_0 = 746,3 - 69,1 = 677,2 \text{ Bq/g}$$

Como el resultado neto **A = 677,2 Bq/g** es mayor que el umbral de decisión **$x^*=6,2\text{Bq/g}$** , [$A > x^*$, $677,2\text{Bq/g} > 6,2\text{Bq/g}$], se puede afirmar que en la muestra existe el contaminante, con una probabilidad $\leq \alpha$ de cometer un error de tipo I. En este caso $\alpha=0,05$ pues el umbral se ha calculado con $k=2$.

La incertidumbre total contando solamente la debida a las medidas es, (se suman las varianzas) es:

$$u(k=1) = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma^2} = \sqrt{9,3 + 1757,6} =$$
$$= \sqrt{1766,9} = 42,1 \text{ Bq/g}$$

La **incertidumbre expandida**, con $k=2$, que es la situación más común, sería:

$$u(k=2) = 2xu(k=1) = 2 \times 42,1 = 84,2 \text{ Bq/g}$$

El resultado final neto se puede expresar por tanto como:

$$\text{Actividad neta: } A = 677,2 \pm 84,2 \text{ Bq/g (k=2)}$$



*Foto por journeyman62 (www.flickr.com)

realmente. En este caso la distribución estadística de los resultados netos de la medida no estará centrada en el cero, como se refleja en la curva roja de dicha figura.

LOS LÍMITES DE DECISIÓN. UMBRAL DE DECISIÓN Y LÍMITE DE DETECCIÓN

Supongamos que la función densidad de probabilidad de la distribución de medidas sea $G(x|\mu, \sigma)$, donde x es una variable aleatoria, cuyos valores son los posibles resultados de nuestra medida de la magnitud X , μ es el valor esperado de la distribución y σ es una medida de la anchura de la distribución. Un ejemplo típico sería la distribución normal o de Gauss:

$$G(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

que son las conocidas curvas de campana dibujadas en la figura en unidades arbitrarias. En este caso μ indica el centro de la curva y es, además, el máximo valor de la distribución, y σ es una medida de la anchura de la Gaussiana.

Supongamos dos situaciones de medida. En la primera medimos una muestra en la que no existe el mesurando, la distribución de resultados netos debería ser una curva centrada en el origen de coordenadas puesto que $\mu=0$. Curva azul en la figura. En la segunda medimos una muestra que contiene al mesurando. En este caso la distribución de resultados reflejaría $\mu \neq 0$ curva roja. Nótese que las anchuras de ambas curvas son diferentes. Si no se utilizasen resultados netos, lo único que ocurriría es un simple desplazamiento en el eje de abscisas que es irrelevante para el razonamiento. Si se normalizasen ambas funciones a un área unidad, se obtendrían las distribuciones de densidad de proba-

bilidad de encontrar un resultado. El valor de la variable se encuentra en el eje de abscisas, x , y la probabilidad está dada por la ordenada correspondiente. La probabilidad de obtener un resultado comprendido entre dos valores x_1 y x_2 no es más que el área subtendida por la curva correspondiente entre esos dos valores. La función Gaussiana normalizada a un área unidad es:

$$G(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

y esta representada en la figura como curva azul en el caso $\mu=0$ y como curva roja en el caso $\mu \neq 0$.

Si ahora hiciésemos una medida de una muestra, y el resultado fuese distinto de cero, por ejemplo, $x=a$ en la figura, ¿qué podríamos decir respecto a la existencia o no del efecto físico bajo medida?, ¿existe realmente? o en otras palabras, ¿a qué curva lo atribuimos? ¿a la azul o a la roja? ¿y a cual la atribuiríamos si hubiese sido $x=b$?

Si conociésemos ambas curvas sería claro que, para $x=a$, la curva azul está por encima de la curva roja y, por consiguiente, es más probable que el resultado se asignase a lo que reflejase dicha curva, es decir, el efecto no está presente. Si por el contrario, el resultado hubiese sido $x=b$, para ese valor la curva roja se encuentra por encima de la azul. Es más probable que estemos midiendo algo correspondiente a dicha

“Es el Umbral de Decisión lo que corresponde a la mínima cantidad del mesurando que se puede determinar en ese laboratorio.”

curva, es decir, estamos detectando un efecto físico. Pero estas curvas nos permiten saber más. Justamente en el punto de cruce se encuentra el valor $x = x^*$ y para él ambas probabilidades son iguales. Este punto se denomina **Umbral de Decisión o Límite Crítico**. Nótese que x^* define un área en la curva azul denotada por α que no es más que la probabilidad de que aparezca un resultado entre x^* e infinito, cuando estamos midiendo una muestra sin efecto físico. En otras palabras, nos dice que α es la probabilidad de cometer un error de tipo I si afirmamos, cuando aparece como resultado de una medida un valor $x > x^*$, que se trata de un valor asignable a un mesurando, en una muestra en la que el efecto físico no está presente.

En rigor, la definición de umbral de decisión x^* se hace al revés, se determina en un experimento lo que podríamos llamar fondo del equipo, es decir, los resultados que se obtienen de una muestra blanca, una muestra en la que no existe el mesurando que se quiere determinar. A continuación se fija, a priori, el valor de α o, en otras palabras, se especifica la probabilidad de equivocarnos al cometer un error de tipo I. Finalmente, se procede a determinar la coordenada $x=x^*$ para la que el área de la curva a partir de ella sea precisamente α . Matemáticamente, el Umbral de Decisión se define como aquel valor $x=x^*$ tal que fijado un valor de α se verifique:

$$\alpha = \int_{x^*}^{\infty} G(x|0, \sigma_0) dx$$

y el informe final debería incluir además:

Umbral de decisión: $x^* = 6,2 \text{ Bq/g}$

Límite de detección: $x^* = 12,4 \text{ Bq/g}$

Valor Guía $V_g = 100 \text{ Bq/g}$

La precisión en este caso ($k=2$) habría sido:

$$p = 84,2 \times 100 / 677,2 = 12,43\%$$

Error y Exactitud.

Supóngase que se conociese el Valor verdadero y que fuera $x_v = 659,4 \text{ Bq/g}$

Conociendo el Valor verdadero se puede calcular el error y la precisión.

El **error** cometido habría sido $e = |659,4 - 677,2| = 17,8 \text{ Bq/g}$

La **exactitud** habría sido $ex = 17,8 \times 100 / 659,4 = 2,70\%$

Error de tipo II.

Si se hubiese afirmado que la muestra blanca no tenía contaminante, $x_{oi} = 0$ se habría cometido en su medida un error de tipo II. (Decir que no existe el contaminante cuando realmente si lo está).

Las medidas de la muestra con contaminante habrían estado equivocadas al tomar el valor medio de los resultados brutos de medida $746,3 \text{ Bq/g}$ como valor neto en vez de $677,2 \text{ Bq/g}$.

Esto habría supuesto un error de $e = |746,3 - 659,4| = 86,9 \text{ Bq/g}$ en vez de $17,8 \text{ Bq/g}$ y una exactitud de $ex = 86,9 \times 100 / 659,4 = 13,18\%$ en lugar del $2,70\%$. Es decir casi cinco veces más.

¿Error o incertidumbre?

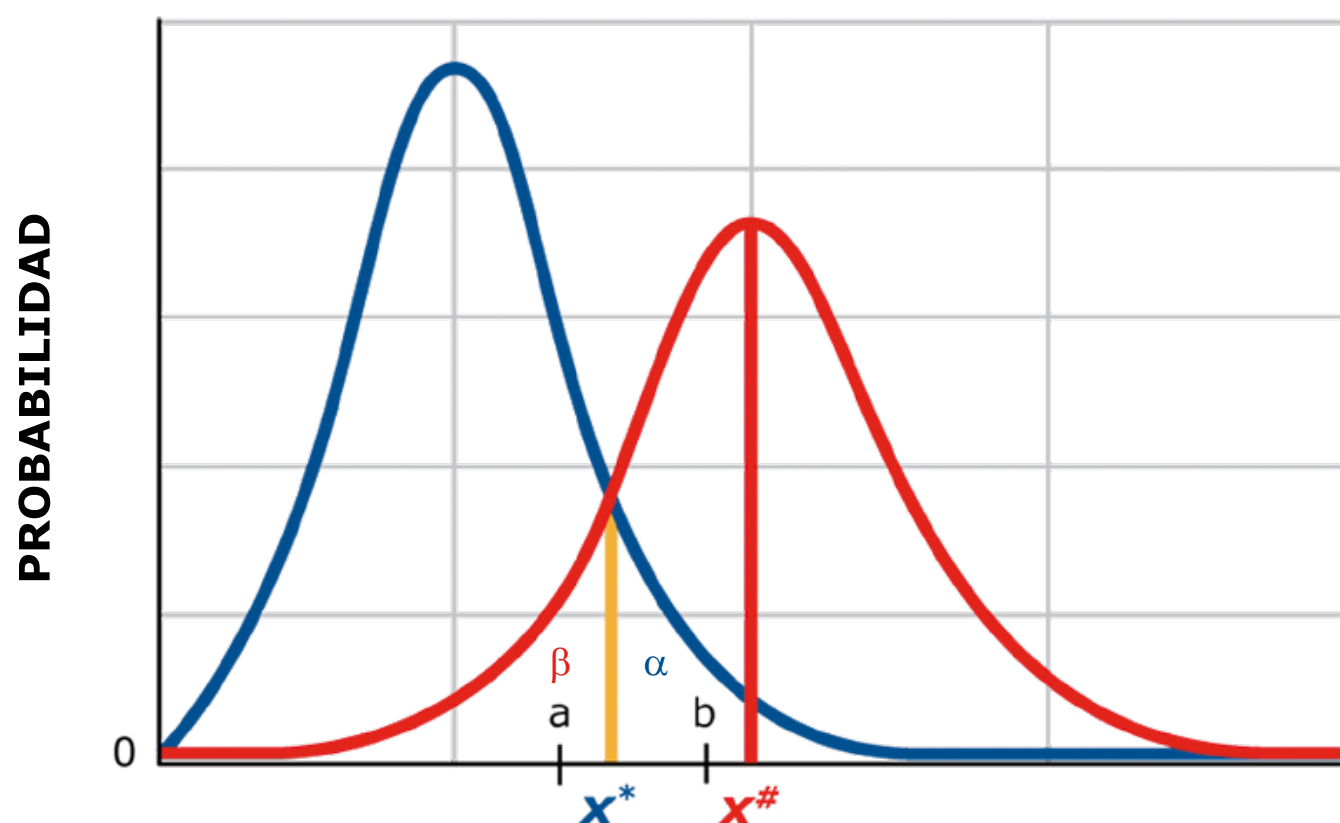
si se refiere a los resultados netos, $\mu=0$. Si no fuese así habría un desplazamiento lineal de las abscisas, x , dado por un valor de μ . Esta ecuación integral no es fácil de resolver y en la práctica real se realiza una serie de aproximaciones para simplificar el cálculo en cada situación concreta. Cálculo en que no vamos a entrar aquí.

El Umbral de Decisión es, por tanto, aquel valor del mesurando, x^* , a partir del cual se puede afirmar que el efecto físico a medir existe realmente con una probabilidad determinada, α , de cometer un error de tipo I. (caso $x=b$ del ejemplo). El Límite de Detección, $x^\#$, es un concepto más sutil. Una vez establecido el Umbral de Decisión x^* se trata de encontrar qué hipotético valor del mesurando $x = x^\#$ debería tener el máximo de una distribución en la que esté presente el mesurando tal que el área de la curva

a la izquierda de x^* sea una probabilidad β fijada de antemano. Matemáticamente es calcular $x^\#$ mediante la ecuación integral:

$$\beta = \int_{-\infty}^{x^*} G(x | x^\#, \sigma) dx$$

que es muy difícil de resolver, por lo que en la práctica se realizan varias aproximaciones entre ellas $\beta=\alpha$. En otras palabras, si afirmásemos que no existe el mesurando ante un resultado comprendido entre $-\infty$ y x^* (caso a de la figura) estaríamos cometiendo un error de tipo II con una probabilidad β . Este área β está dibujada en la figura y no es más que el área existente entre el valor $x = -\infty$ y el Umbral de Decisión $x = x^*$, dado por la curva correspondiente a los datos de medida con muestra (Curva roja). Por definición, el límite de detección, $x^\#$, es mayor que el umbral de decisión, x^* .



Curvas de Gauss normalizadas para las hipotéticas situaciones de un muestra sin mesurando, (curva azul) y con mesurando (curva roja). Están señalados el Umbral de Decisión x^* , el Límite de detección $x^\#$, las áreas α y β y los posibles resultados de medida a y b.

¿Para qué sirven estos límites?. El Umbral de Decisión, x^* , es el que nos indica si un resultado de medida, x , es atribuible o no al mesurando. Si $x > x^*$ sí es atribuible y la probabilidad de equivocarnos, cometiendo un error de tipo I, es α . Si $x < x^*$ el resultado no puede atribuirse al efecto físico, cometiendo un error de tipo II con probabilidad, β . En este caso, sin embargo, no puede concluirse que el efecto físico esté ausente pues lo único que ha ocurrido es que no se ha detectado. La utilidad del Límite de detección, $x^\#$, es asegurar que, cuando es inferior al valor guía, el procedimiento de medida y los equipos utilizados son válidos para la medida del mesurando que se están realizando. Se puede utilizar, también, para comparar equipos y métodos de dos laboratorios de medida. En este caso, el de menor límite de detección es el mejor para esa medida y, también, para comparar nuestros resultados con los valores guía, V_g , impuestos por las normas, las administraciones o el cliente. Por ejemplo, la administración fija las cantidades de los distintos contaminantes que puede contener el agua de bebida. Esos valores son los Valores Guía, V_g , para esos contaminantes. Si nuestro Límite de Detección es superior al valor guía, $x^\# > V_g$, nuestro sistema de detección o nuestros equipos y métodos no son adecuados para esa medida y deben modificarse para poder proceder a efectuarla. Lo más común, en este caso, para rebajar el límite de detección es reducir el fondo del equipo.

Es muy importante insistir en que el límite de detección, $x^\#$, no es la mínima medida o cantidad de ese mesurando que se puede detectar en ese laboratorio. Este límite no se puede utilizar para esta determinación y es una gran equivocación el hacerlo aunque por desgracia el nombre de "límite de detección", que se conserva para esta magnitud por razones históricas, se presta a todo tipo de equivocaciones e interpretaciones incorrectas. Es el Umbral de Decisión, x^* , lo que determina si un mesurando está o no presente y, si lo está, se puede proceder a su determinación y, por lo tanto, es el Umbral de Decisión lo que corresponde a la mínima cantidad del mesurando que se puede determinar en ese laboratorio.

Deseo agradecer finalmente a los profesores J. Alberto Carrión y Santiago Rodríguez y a la Dra. Lourdes Romero la lectura crítica del manuscrito y sus sugerencias que, sin duda, han contribuido a mejorarlo.

Rafael Núñez-Lagos

Miembro del Senatus Científico

Dpto. de Física Teórica

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 Iniciación a la Investigación en Geología
Máster en Iniciación a la Investigación en Matemáticas

Máster en Investigación Química
Máster en Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas
Máster en Modelización Matemática, Estadística y Computación
Máster en Química Sostenible

MÁSTERES

¡matricúlate!

<http://ciencias.unizar.es/web/>



BIOLOGÍA OLÍMPICA

POR RUBÉN PEÑA

Es bastante común el error que se comete al pensar que las olimpiadas son las competiciones deportivas que se realizan cada cuatro años. En realidad esas competiciones son los juegos olímpicos y las olimpiadas son la fase de preparación y entrenamiento a que se someten los deportistas para realizar la prueba. Y es, precisamente, en la olimpiada de biología donde se encuentran nuestros estudiantes de 1º y 2º de bachillerato, que han empezado un nuevo curso escolar para adquirir nuevos conocimientos de biología y otras materias.

Uno de los momentos de la prueba práctica de la Olimpiada Iberoamérica de Biología (OIAB) 2009.

*Fotografía proporcionada por el autor



Pruebas de la Fase Nacional.

*Fotografías proporcionadas por el autor



OIAB prueba teórica.

La Olimpiada Internacional de Biología (IBO) tiene una larga tradición a nivel mundial y es una competición anual para estudiantes de bachillerato. La primera tuvo lugar en los años 60 y actualmente participan más de 70 países de los cinco continentes. La sede central se encuentra en Chequia y cada año se celebra en uno de los países asociados. Los alumnos que acceden suelen presentar interés por la biología, creatividad, perseverancia y capacidad de observación.

Al reunir estudiantes brillantes, la IBO intenta desafiar y estimular a esos estudiantes a ampliar sus cualidades y promover su carrera como científicos. La competición también ayuda a mostrar que la Biología es una ciencia bonita y valiosa. Muchos aspectos, como la Etología y la Ecología, enfatizan la importancia de la Biología en la sociedad, especialmente como la preservación de la naturaleza, la Biología molecular -importante en detalles como la transgenia o la clonación con sus aspectos éticos asociados -, la Sistemática que muestra la importancia de la Biodiversidad, etc.

Para España, es bastante reciente su participación en este evento. Todo comenzó hace cinco años, en una de esas conversaciones de cafetería de la que siempre surgen grandes ideas y entusiasmo, cuando le preguntaron a José Luis Barba el motivo de por qué España no partici-

“No mentiría si dijera que, al principio, era mucho miedo lo que se tenía para la realización de esta prueba, ¿responderían los alumnos a la llamada?. Pero las ganas de trabajar y el entusiasmo disminuyeron el miedo al fracaso y nos lanzamos de lleno.”

INTERNACIONAL		
José Bach Hardie	Bronce	Argentina 2006
David López	Bronce	India 2008
Álvaro Lafuente	Bronce	Japón 2009
IBEROAMÉRICA		
Carlos Bravo Pérez	Oro	Gran Canaria 2009
Luis Alberto Martínez Marín	Plata	Brasil 2008
Christian Villena Martín	Plata	Brasil 2008
Araceli Calle Martínez	Plata	Gran Canaria 2009
Aitor García Navarro	Plata	Gran Canaria 2009
Sergio Labrador Marcos	Bronce	Brasil 2008
Israel Salcedo González	Bronce	Brasil 2008

paba en la Olimpiada Internacional de Biología y si sería capaz de lanzar la idea. Y no solo la lanzó sino que junto a Carmen Díaz y a un gran equipo de colaboradores de Las Palmas de Gran Canaria se puso en marcha la Iª Olimpiada Española de Biología en 2006. Gracias a Internet realizó un llamamiento a nivel nacional y aquellos que vimos la oportunidad de difundir la biología entre nuestros alumnos, “picamos”, y en la actualidad son todas las comunidades autónomas las que realizan su fase autonómica para seleccionar a sus mejores estudiantes de biología, incluyendo Ceuta, Melilla y los centros españoles en el extranjero. Hay que mencionar, en este aspecto, que las Comunidades Autónomas de Madrid y Valencia ya llevaban unos cuantos años realizando sus fases autonómicas.

Durante estos años hemos conseguido formar un equipo de profesores de secundaria y universidad de todas las comunidades autónomas cuya prioridad es la de difundir, entre los alumnos y la sociedad, la importancia del conocimiento de la Biología.

No mentiría si dijera que, al principio, era mucho miedo lo que se tenía para la realización de esta prueba, ¿responderían los alumnos a la llamada?, ¿apoyarían las diferentes instituciones y organismos la realización de la prueba?, ¿qué tipo de alumnado sería el que participaría?. Pero las ganas de trabajar y el entusiasmo disminuyeron el miedo al fracaso y nos lanzamos de lleno.

Se han realizado muchas evaluaciones externas a nuestros alumnos y hemos leído, o visto en la

prensa, que los resultados para España no son muy satisfactorios pero, después de ver a los alumnos que acuden a participar a la Olimpiada de Biología, uno se siente orgulloso de ser docente y tener a unos estudiantes como los que nos han representado en fases internacionales. No sólo no son bichos raros o frikis, como muchos califican a los llamados “empollones”,

sino que son chicos y chicas totalmente normales, que estudian y realizan sus actividades extraescolares como cualquier otro estudiante de bachillerato, unidos por su afición a la Biología y que desde el primer día que se conocen en la fase nacional forman un grupo de amigos que parece conocerse de toda la vida. El ambiente que se respira y la cordialidad es tal, durante la prueba, que en ningún momento se observan atisbos de competencia

o rivalidad, incluso después se establecen lazos de amistad entre ellos y piden volver como colaboradores para realizar la próxima edición.

A pesar de nuestra breve intervención, a nivel internacional, nuestro éxito ha sido francamente bueno. En estos cuatro años de participación hemos conseguido para España una medalla de oro, cuatro medallas de plata y cinco medallas de bronce, de las cuales la correspondiente a Araceli Calle Martínez se vino a Zaragoza.

Desde luego todo esto no hubiera sido posible sin el apoyo de numerosas instituciones y organismos públicos y privados como son la Real Sociedad Española de Historia Natural, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Sociedad Española de Bioquímica y Biología

“El ambiente que se respira y la cordialidad es tal, durante la prueba, que en ningún momento se observan atisbos de competencia o rivalidad.”



OIAB prueba práctica.

*Fotografía proporcionada por el autor

Molecular, las diferentes Universidades de todas las comunidades autónomas, los Departamentos y Consejerías de Educación de todas las comunidades autónomas, numerosos ayuntamientos y entidades privadas que patrocinan las diferentes fases de la olimpiada. A todos ellos quiero agradecer desde aquí su colaboración, ya que sin ellos sería imposible la realización de la Olimpiada Española de Biología y su participación en el extranjero.

Lo que más nos cuesta entender a todas las personas que estamos detrás de todo esto es

por qué después de que todas las comunidades autónomas estén implicadas, después de que numerosos organismos e instituciones consideren que merece la pena, después de los éxitos que hemos cosechado con nuestros estudiantes, el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte no reconozca la Olimpiada Española de Biología. No queremos ser más, ni mejores que los físicos, químicos, matemáticos o FP, pero sí considerarnos iguales, ya que todas ellas son disciplinas importantes para el desarrollo intelectual de nuestros alumnos.

Me apena leer un periódico, escuchar la radio o ver la televisión y comprobar que las principales noticias son siempre negativas: crisis, atentados, robos, homicidios, por no hablar de la tele basura. Pero no encuentro ninguna referencia que destaque los logros de nuestros estudiantes, lo cuál creo podría ayudar a motivar al resto. Quiero romper una lanza por nuestros periodistas locales, tanto aragoneses como del resto de comunidades, ya que ellos sí se hacen eco de las virtudes de los alumnos de la tierra, pero desgraciadamente vende más cualquier acto vandálico o cotilleo que elogiar

el buen hacer de nuestros estudiantes. ¿Cómo puede compararse el esfuerzo e inteligencia de un estudiante brillante, demostrándolo a nivel internacional, con el último cotilleo o fichaje del verano?

En 2009 celebramos el bicentenario del nacimiento de Charles Darwin (1809) y los 150 años de la publicación de "El origen de las especies" (1859). Para que no se me enfaden los astrónomos también hay que decir que fue el Año Internacional de la Astronomía, al cumplirse 400 años del uso del telescopio por Galileo.

Me pareció muy correcto que se recordase en febrero de 2009 el bicentenario del nacimiento de Darwin y se hiciese mención de sus logros, pero hubo dos detalles que me dejaron intranquilo. El primero de ellos es que la figura de Darwin eclipsó totalmente a otro gran científico del que también podríamos celebrar el bicentenario de la publicación de su obra "Filosofía Zoológica". Se trata, como no, de Jean Baptista Antoine de Monet, caballero de Lamarck. Sus aportaciones a la teoría evolutiva no fueron tan acertadas como las de Darwin pero también puso su granito de arena. El otro detalle hace referencia a la evolución en sí misma. Está muy bien recordar a Darwin, quién fue y lo que hizo, pero la sociedad ¿realmente conoce la teoría de la evolución?

Desde mi época de estudiante en la Facultad de Biología me interesaba la teoría de la evolución y para mi sorpresa no existía ninguna asignatura específica de evolución. Me explicaron la evolución como un tema dentro de la asignatura de zoología general. Actualmente encontramos que la evolución, base del conocimiento biológico, sigue sin aparecer como asignatura única en casi ninguna de las facultades de Biología de nuestro país. Llevo en la enseñanza pocos años, pero uno de mis retos como biólogo y docente es el de enseñar en qué consiste la teoría de la evolución. Lo primero que hago siempre, antes de empezar el tema, es preguntar qué significa evolución. Para mi desconuelo lo primero que oigo en boca de alumnos de 15 y 16 años es la palabra "progreso". Si hiciésemos la misma pregunta en la calle estoy convencido de que la respuesta sería la misma. Si precisamente la teoría de la evolución tiene tanta importancia es porque nos ha ayudado a comprender cómo ocurren todos los procesos biológicos y ha desbancado de su trono a la especie humana, siendo una más entre todas las especies que existen en la actualidad y que,

de momento, han triunfado en la lucha por la existencia al desarrollar mecanismos y adaptaciones que les permiten sobrevivir. La especie humana no está más evolucionada que una mosca, un alga, un pino, una lombriz o una bacteria. Todos ellos están igual de evolucionados en este momento porque todos sobreviven en las condiciones que les toca vivir. Podemos hablar de diferente grado de desarrollo, pero no de grado evolutivo. Desde la Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE) se está empezando a promover el estudio de la evolu-

“Actualmente encontramos que la evolución, base del conocimiento biológico, sigue sin aparecer como asignatura única en casi ninguna de las facultades de biología de nuestro país.”

ción, no sólo en las facultades sino también en los institutos y en las escuelas de primaria. Se trata tan sólo de que los alumnos, al igual que aprenden las partes de la célula, el teorema de Pitágoras, las reglas de ortografía, las comunidades autónomas o los principales acontecimientos de la historia, sepan en qué consiste la evolución. Dobzhansky dijo que nada tiene sentido en biología si no es bajo el prisma de la evolución, pero yo iría más allá y diría que nada en absoluto tiene sentido si no comprendemos la evolución. Ésta nos responde a preguntas como quiénes somos, por qué estamos aquí, de dónde venimos, por qué somos como somos, por qué existen tantas especies, por qué aparecen y desaparecen las especies, por qué



**Entrega de Premios de la fase aragonesa 2010.
Patio de la Infanta, Ibercaja.**

*Fotografía proporcionadas por el autor

hay nuevas enfermedades y plagas y cómo podemos combatirlas. Sin que nos demos cuenta, la evolución forma parte de nuestra vida y, valga la redundancia, la biología.

No podemos realizar ningún acto sin que la biología esté por medio. Si por cada pregunta del tipo "tú que eres biólogo debes saber por qué..." que me han hecho me diesen un euro, creo que podría haber dejado de trabajar. Y estas preguntas no sólo trataban de animales o plantas, hablaban de medicina, dietética, fisiología, agricultura, genética. ¡Y ojo si no eres capaz de contestarla! La Biología es una ciencia muy amplia que nos permite conocer y comprender el funcionamiento de la vida y, curiosamente, ¡nosotros somos seres vivos!. Afortunadamente ha aparecido una nueva asignatura en bachillerato, Ciencias para el mundo contemporáneo, en el que todos los alumnos de bachillerato aprenden muchos de los aspectos relativos a la biología: origen de la vida, teoría de la evolución, enfermedades y avances en medicina, genética, biotecnología. Creo que es fundamental que todos los alumnos conozcan estos campos. Pondré algunos ejemplos. Dos de las principales causas de mortalidad son las enfermedades cardiovasculares y el cáncer, pero ¿sabemos cómo se producen? Si saliésemos a la calle y preguntásemos cuáles son las causas que agravan el padecer un ataque al corazón o qué es el cáncer, pocos serían los que responderían correctamente a esta pregunta. Se habla mucho del colesterol, los anuncios de la televisión nos bombardean con la maldad del colesterol. Estoy seguro de que si empezásemos una campaña a favor del colesterol indicando su importancia en las membranas celulares y como precursor de muchas biomoléculas (ácidos biliares, hormonas, vitaminas) importantísimas para el funcionamiento del cuerpo, nos mirarían como bichos raros. El colesterol, así como muchas otras sustancias que están en la lista negra, no son perjudiciales, lo malo es el abuso o deficiencia de los nutrientes que ingerimos. ¡Benditos triglicéridos que nos

proporcionan energía, protección mecánica y aíslan térmicamente!

Las células madre están en pleno debate sobre si es adecuada su utilización. Pero ¿cómo va a poder opinar la opinión pública si no sabe lo que son y cómo actúan las células madre? ¿Qué es la terapia génica?, ¿cómo se obtiene un clon y qué aplicación tiene?, ¿los insectos son muy importantes para nosotros o podríamos vivir sin ellos?, ¿todas las especies de seres vivos son igual de importantes?, ¿y si de una de las especies que están desapareciendo en este momento podríamos obtener el remedio frente a una de las principales enfermedades que nos acosan? El conocimiento nos hace libres y nos permite posicionarnos con un fundamento.

En relación con todo esto quisiera poner un ejemplo, y sirviendo además de homenaje a Darwin, que demuestra que todos los seres vivos estamos ligados por complejas relaciones. Darwin expuso en *El origen de las Especies* que "... la presencia de un gran número de felinos en una comarca puede determinar, mediante la intervención primero de los ratones y luego de las abejas, la frecuencia de ciertas flores en aquella comarca".

Darwin observó que el trébol rojo solo era polinizado por abejorros. El número de abejorros de la comarca dependía del número de ratones de campo, que destruyen sus panales y nidos. Como el número de ratones depende del número de depredadores (gatos) la solución era sencilla: si quiero obtener una abundante plantación de trébol rojo necesito gatos.

El término biología se usó por primera vez en 1800 por Karl Friedrich Burdach para aplicarlo a la totalidad de las ciencias particulares de los fenómenos vitales del hombre. Fue poco después, en 1802, cuando G.R. Treviranus le dio una definición más completa: "la Biología investiga las diversas formas y manifestaciones de la vida, las condiciones y leyes bajo las que

se da tal situación y las causas que la determinan". Nosotros somos seres vivos y estamos rodeados de seres vivos entre los que existen un montón de relaciones directas o indirectas. Influiamos en ellos y ellos en nosotros, sería absurdo pretender vivir ajeno a todo ello, por eso animo a todos a aprender cómo funciona la vida, porque nosotros somos vida.

Rubén Peña

Coordinador de la Olimpiada de Biología en Aragón



Equipo español de la OIAB 2009.

FORMACIÓN PARA EL **EMPLEO** Y ENCUENTRO CON LA **EMPRESA**

QUINTO CICLO DE SALIDAS PROFESIONALES DE CIENCIAS 2010

En el quinto ciclo de salidas profesionales de Ciencias, que se está desarrollando a lo largo de 2010, se han combinado dos actividades principales: la organización de mesas de debate por titulaciones y la impartición de cursos de formación especializados. Junto a ellas se han llevado a cabo presentaciones de empresas, de programas de prácticas en empresas y los talleres de empleo que realiza UNIVERSA: "Vías de búsqueda de empleo, carta de presentación y currículum" y "El proceso de selección; entrevista, dinámica y psicotécnicos". Estas actividades se financian mediante un convenio de colaboración con la Consejería de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón y los programas de mejora de la docencia que convoca la Universidad de Zaragoza anualmente.

POR MARÍA LUISA SARSA

Formación para el empleo y encuentro con la empresa

MESAS DEBATE SOBRE LAS SALIDAS PROFESIONALES DE TITULADOS EN CIENCIAS

Uno de los objetivos de la formación universitaria es la preparación para el ejercicio de actividades profesionales que exijan la aplicación de conocimientos y métodos científicos. Los titulados en carreras científicas enfrentan, en su vida laboral, un continuo proceso de adaptación a un mercado que renueva técnicas y conocimientos a velocidad vertiginosa. Es imposible que la formación académica abarque todos los conocimientos, pero sí debe transmitir esta necesidad de adaptación y de formación continua. Esta tarea lleva consigo un buen conocimiento de las situaciones habituales durante el ejercicio profesional y requiere de una adecuada difusión de perfiles profesionales reales de titulados en Ciencias, especialmente seleccionados sea por su relevancia en el mercado laboral actual o por su proyección hacia el futuro. Mantener un estrecho contacto entre el entorno empresarial y profesional y el ámbito universitario resulta fundamental para garantizar la empleabilidad de nuestros titulados.

La realización de mesas de debate sobre las salidas profesionales de titulados en Ciencias tiene ya una sólida trayectoria en la Facultad,

“Uno de los objetivos de la formación universitaria es la preparación para el ejercicio de actividades profesionales que exijan la aplicación de conocimientos y métodos científicos.”

habiéndose establecido como una actividad de carácter bi-anual realizada en 2006, 2008 y, en su presente edición, 2010. Por estas mesas han pasado un elevado número de profesionales externos al ámbito universitario y han estado representadas las empresas más importantes de nuestro entorno.

En 2010 se están llevando a cabo las mesas correspondientes a las titulaciones de licenciado en Física, licenciado en Matemáticas y diplomado en Estadística, licenciado en Química, licenciado/graduado en Geología, licenciado en Bioquímica/graduado en Biotecnología y diplomado/graduado en Óptica y Optometría. Formando parte de estas mesas, unos 40 profesionales externos, representantes de colegios profesionales y empresarios, acudirán durante 2010 a la Facultad y compartirán con nosotros su visión de la profesión. La respuesta de los estudiantes ha sido muy positiva. Esta actividad proporciona un foro imprescindible en el que, de forma natural, surgen las carencias y fortalezas que la sociedad en general, y la empresa en particular, encuentran en la formación de nuestros titulados. Este tipo de foro proporciona mecanismos de retroalimentación para valorar, tanto a priori como a posteriori, las adaptaciones curriculares que en estos momentos la convergencia al EEES requiere, así como permite informar al mercado laboral de las mismas.

CURSOS DE FORMACIÓN

La Facultad de Ciencias es, entre los diversos Centros de la Universidad de Zaragoza, uno de los más destacados en cuanto a actividad investigadora, actividad que se proyecta en la docencia, haciéndose especial hincapié en actividades de formación relacionadas con la investigación. Sin embargo, resulta imprescindible complementar esta for-

mación “directa” en investigación con otras habilidades y competencias demandadas en el mercado laboral y que no se contemplan de forma específica en las titulaciones oficiales que se imparten en la actualidad. Estas competencias transversales se consideran imprescindibles en el entorno empresarial y están poco desarrolladas en los titulados en carreras científicas, en general, como se desprende de las conclusiones de las mesas-debate sobre salidas profesionales por titulaciones, que se desarrollaron a lo largo de 2006 y 2008 en la Facultad de Ciencias. Sólo permitiendo un adecuado desarrollo de esas competencias se podrá garantizar una adecuada incorporación de los titulados formados en la Universidad en el entorno industrial, contribuyendo mediante

la aplicación de sus conocimientos a la resolución de problemas concretos y reales del tejido productivo.

En esta línea, dentro de los ciclos de salidas profesionales de Ciencias, se han impartido desde 2007 cursos de formación especializada en este tipo de competencias. En concreto



*Fotografías de la Facultad de Ciencias



Mesa debate sobre salidas profesionales, 2010.

Formación para el empleo y encuentro con la empresa

entre enero y marzo de 2010, dentro del 5º ciclo de salidas profesionales de Ciencias, se han impartido los siguientes cursos:

- **Introducción a la gestión de la I+D+i.**

La situación actual a la que se enfrentan las economías de los países desarrollados exige al sector productivo apostar por la innovación para mantener y garantizar su competitividad y supervivencia. Los responsables de I+D de las empresas son en su mayoría técnicos y científicos que fueron contratados por sus conocimientos y habilidades en su área de formación científico-técnica. Sin embargo, cada vez con mayor frecuencia, se les pide conocer los fundamentos de la Investigación, el Desarrollo y la Innovación, las herramientas útiles para su gestión y cómo formular proyectos encontrando financiación para su realización. Este curso pretende dar una visión general de la innovación desde el punto de vista teórico y práctico, introducir los conceptos de transferencia y prospectiva tecnológicas, aproximar al alumno al funcionamiento del sistema Ciencia-Tecnología-Universidad, dar a conocer las posibles fuentes de financiación de proyectos y el procedimiento para la solicitud de patentes o creación de empresas de base tecnológica, por ejemplo.

- **Curso básico en Prevención de Riesgos Laborales.**

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores, frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una

política coherente, coordinada y eficaz. De acuerdo con el artículo 6 de dicha Ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Resulta imprescindible para incorporarse al mercado laboral ser consciente de la reglamentación actual en esta materia. En este curso se presenta el marco normativo básico sobre prevención de riesgos laborales, su aplicación a lugares de trabajo, a prevención de incendios y planes de emergencia, riesgos eléctricos, etiquetado, manipulación y almacenamiento de productos químicos, higiene industrial, exposición a agentes biológicos, ergonomía y primeros auxilios.

“La respuesta de los alumnos a esta oferta ha superado las expectativas, contando todos los cursos con un número muy elevado de inscritos.”

- **Gestión de recursos humanos.**

Este curso tiene como objetivo que los participantes adquieran, a través del desarrollo y la potenciación de determinadas habilidades y destrezas, los conocimientos y procedimientos necesarios para un correcto ejercicio en la dirección de personas en el marco de un contexto organizacional y empresarial. Esta competencia es cada vez más demandada en la empresa y en el

curso su adquisición se articula a través de varios módulos tratando cuestiones como el liderazgo, las habilidades negociadoras, inteligencia emocional, gestión eficaz de recursos y tiempo, comunicación interpersonal y en público, gestión del estrés, etc.

- **Sistemas de gestión en la empresa: calidad, medioambiente y otros sistemas.**

Un sistema de gestión de la calidad es el conjunto de normas interrelacionadas de una empresa u organización por los cuales se administra de forma ordenada la calidad de la misma, en la búsqueda de la satisfacción de las necesidades y expectativas de sus clientes. Existen unos estándares de gestión de la calidad normalizados, es decir, definidos por un organismo normalizador, como ISO, DIN o EN, que permiten que una empresa, con un sistema de gestión de la calidad, pueda validar su efectividad mediante auditoría de una organización u ente externo. Una de las normas más conocidas y utilizadas a nivel internacional para gestionar la calidad es la norma ISO 9001 (última revisión ISO 9001:2008). También existen normas específicas para determinados sectores o actividades, por ejemplo la norma ISO/IEC 17025:2005, que aplica para el diseño de un sistema de gestión de la calidad en Laboratorios. En ocasiones, dependiendo del tipo de empresa y de la complejidad de su sistema de gestión, se utiliza un sistema integrado para la gestión de la calidad, el medio ambiente (según norma ISO 14001) y la seguridad, (según norma OHSAS 18000). Este curso introduce lo fundamental de estos sistemas con un especial enfoque hacia su implementación en casos prácticos.

La respuesta de los alumnos a esta oferta ha superado las expectativas contando todos los cursos con un número muy elevado de inscritos: entre 30 y 80 alumnos.

Toda la información del 5º ciclo de salidas profesionales de Ciencias está disponible en la página web de la Facultad:

<http://ciencias.unizar.es/web/salidasprofesionalesLargo.do>

María Luisa Sarsa

Vicedecana de Relaciones con Empresas
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza



*Fotografía de la Facultad de Ciencias

EL RETO QUE VIENE: sociedad, ciencia y periodismo



Cuentan que en los viejos tiempos de la nobleza francesa, mucho antes de que sus cabezas rodaran por la plaza de la guillotina, un duque contrató a un matemático para que inculcara los rudimentos de la geometría en la ducal testa de su primogénito. Tras escuchar la cuidadosa y prolija demostración de cierta proposición, el joven duque esnifó una pizca de rapé y dijo a su instructor:

- Voilà, *monsieur*, no lo veo.

El matemático volvió a repetir con más detalle cada paso. Y de nuevo el joven, educadamente, replicó:

- Je m'excuse, *monsieur*, pero sigo sin verlo.

A lo que el matemático, mordiéndose el labio inferior, contestó:

- *Monsieur le duc*, le doy mi palabra que le he dicho la verdad.

- ¡Ah, *monsieur*! –dijo el alumno con una profunda reverencia– Si me lo hubiera dicho antes jamás me habría tomado la libertad de dudar de su palabra.

Esta anécdota siempre se expone para ilustrar el problema al que siempre se ha enfrentado el sistema educativo. Lo pone en los libros o lo dice el profesor, y eso es casi palabra de Dios. Sin embargo, esto también sucede en la intersección entre científicos, periodistas y el conjunto de la sociedad pues el mundo científico lleva imponiendo desde su profesionalización tras la Revolución Francesa una especie de despotismo ilustrado.

POR MIGUEL ÁNGEL SABADELL

El reto que viene: sociedad, ciencia y periodismo

Entre los científicos ha ido creciendo el sentimiento de la necesidad de acercar la ciencia al gran público –“si son ellos quienes pagan deben saber en qué se gasta su dinero”–, pero también es cierto que eso sólo se traduce en divulgar, no en que participe a la hora de definir qué líneas de investigación deben ser financiadas. Esta reticencia puede resultar comprensible por lo complejo del tema, pero acaba traducéndose en que todo el sistema científico se convierte en una caja negra sin control externo haciendo buena la famosa frase de “todo para el pueblo pero sin el pueblo”. Este hecho me resultó obvio hace unos años en Bruselas, en una cena que se celebró con motivo de unos premios europeos de divulgación en investigación. La propuesta de que el jurado estuviera compuesto por científicos y personas de la calle fue desestimado con vehemencia en el

turno de preguntas, donde se insistió que los únicos preparados para jurado eran los científicos. La ciencia es demasiado importante para alejarla de la mano de los científicos. ¿Seguro? ¿No sería bueno que los ciudadanos decidieran parte de la financiación en proyectos que les parezcan interesantes *per se*? A lo mejor resulta que Venus es más atractivo que Marte para el hombre de la calle.

Podemos ilustrar esta situación con cierta anécdota de uno de los gigantes de la física del siglo XX, Paul Dirac, cuando enseñaba en la universidad de Cambridge. Allí los profesores comen en el *High Table*, donde comparten mesa con todo tipo de profesores. Un día Dirac, un hombre extremadamente callado e introvertido, se sentó al lado de un historiador:

- ¿Es usted profesor?
- Sí, soy el profesor Dirac.
- ¿A qué se dedica?
- Hago invariantes adiabáticos.

El historiador, sorprendido, replicó:

- ¡Invariantes adiabáticos! ¿Y eso qué es?
- A lo que Dirac respondió:
- ¿No sabe usted lo que son? Entonces no podemos seguir hablando.

Y continuó tomando la sopa.

La seca respuesta de Dirac respondía más a su introversión que a un vanidoso engreimiento, pero sirve de muestra para ese sentir generalizado que hace que muchos se lleven las manos a la cabeza con

“Entre los científicos ha ido creciendo el sentimiento de la necesidad de acercar la ciencia al gran público, pero también es cierto que eso sólo se traduce en divulgar, no en que participe a la hora de definir qué líneas de investigación deben ser financiadas.”

solo pensar que quien no se pierde una expulsión de Gran Hermano vaya a decidir en qué debe invertirse el escaso dinero de investigación. Bienvenidos a la tecnocracia.

El concepto clave no es que haya que pedir a los ciudadanos que hagan lo que los clientes de la Caja de Ahorros de Navarra, que votan a qué proyecto quieren destinar los fondos de la obra social, sino al peligro de enquistamiento y clientelismo que corre un sistema donde todo queda en casa. Y es aquí donde el periodismo tiene su papel.

Toby Murcott, en el número del 25 de junio de 2009 de *Nature* señalaba una importante falla en el periodismo científico: “Aunque las noticias de ciencia pueden influir en las prioridades sobre la financiación o en la investigación, el periodista científico no desempeña ningún papel en el proceso... Es como un sacerdote, que influye poco o nada en las actividades de la deidad y, además, ella no lo necesita para continuar existiendo”. Muchos periodistas científicos de primera línea afirman que su especialidad debe dejar de ser la animadora que era en la década de 1950, trabajando para glorificar al *establishment* científico, para convertirse en el perro guardián que vigila el rebaño y le ladra cuando se descarría. La crítica debe venir de un periodista preparado, alguien de fuera que conoce el terreno que pisa, no del científico que conoce perfectamente el tema pero tiene un perro en la pelea.

A este debate sobre el futuro del periodismo científico ha ido a sumarse la crisis de los medios de comunicación. La ciencia no da dinero o, al menos, no se la considera como fuente aceptable de negocio, por tanto es esta sección la primera en caer. Las últimas han sido de la CNN y del *Boston Globe*, cuyos directivos la ha pasado a ser una subsección de *Lifestyle and business*. Uno puede pensar que se trata de un mero movimiento dentro de las páginas de un periódico, pero significa un cambio en las noticias. Si te mueven a la sección de salud, ¿dónde entran la física o la química?



El reto que viene: sociedad, ciencia y periodismo

Es una consecuencia a lo sucedido tras el *boom* de finales de los años 70, cuando casi todos los periódicos tenían su sección semanal de ciencia. Solo una década después, la época dorada de la divulgación empezó a oscurecerse. Un eclipse que se ha acelerado en los últimos años y que en España tiene su paradigma en el suplemento *Futuro* de *El País*: ha ido perdiendo espacio hasta quedarse en poco más de una página... con suerte.

Y en medio de todo este lío surgen los blogs de científicos profesionales. La sempiterna guerra sobre quién debe divulgar se recrudece azuzada desde esas bitácoras que disparan cañonazos contra el periodismo científico en general: "los periodistas no entienden los vericuetos con suficiente detalle para hacer una buena crítica", dice Daniel D. Brown en su blog sobre la biología del desarrollo del cerebro.

Bora Zivkovic es un ejemplo del científico con una postura combativa respecto al periodismo científico y representa el sentir de numerosos colegas honradamente preocupados por la escasa calidad de las noticias científicas en los medios: "Sobre un tema de economía, ¿en quién vas a confiar? ¿En un economista o en un periodista? ¿Quién tiene el conocimiento, la destreza, la educación, la experiencia en el tema?" Para él, y otros como él, la responsabilidad recae en el periodista no en el medio. Es el clásico argumento *Robin Hood*, que justifica la existencia de un ladrón y se cantan alabanzas del manilargo porque el sistema está viciado. En este caso, a pesar de que el problema reside en el propio funcionamiento de los medios, se pide la cabeza del periodista. De hecho Zivkovic añade que únicamente si llevas dos décadas de periodismo científico es posible que puedas estar a la altura de un doctorado a la hora de redactar una noticia científica: es *el síndrome del PhD*. Si a Zivkovic se le pregunta quién es competente para reali-

zar periodismo científico, solo un doctor lo es. Entre sus argumentos está en que los periodistas simplifican en exceso: "si hablas con un periodista una hora es porque necesitas una hora para explicarte". La *falacia del espacio* en acción, que lleva siempre de la mano *el corolario del mal citado*. ¡Esas no son mis palabras! Y tienen razón por dos posibles motivos. Uno, porque el periodista enviado a recabar información es un ignorante absoluto del tema, lo que es culpa del desconocimiento y desinterés por la ciencia de los directores de periódicos. Pero el otro recae en el propio científico que ignora u olvida la ubicua limitación de espacio disponible en el medio y porque no puede hablar con un periodista como si fuera un colega. Es un problema de registros: puedes perder una hora entera explicando al periodista tu investigación para que la comprenda, pero luego tienes la obligación de ofrecerle unas palabras que pueda transcribir en su periódico: hay que hablar en titulares.

El caso más extremo son los totales para una noticia de telediario: solo tienes 30 segundos para explicarte. Si te pasas, te editarán y tendrán que hacer maravillas en un tiempo que no tienen para poder entresacar unas frases que aludan a la noticia en cuestión: seguro que eres mal citado. Que Zivkovic piense que "si me tomo una hora es porque necesito una hora" lo convierte en el mejor no-candidato para un telediario. Y no olvidemos que siempre es mejor 30 segundos que nada, porque ese nada puede hacer que desaparezca la ciencia de la pantalla del televisor. La responsabilidad social por describir la aventura de la ciencia exige aprender a desenvolverse en todos los medios de comunicación, o tener personas preparadas para ello: son lo que se llaman en el mundo anglosajón *civic scientists*. La mejor manera de no ser mal citado es hablar en los términos que el periodista necesita, de igual modo que un médico no puede

hablar a un paciente como si se tratara de un colega. No se debe olvidar que un artículo en *Heraldo* o *El Periódico* no es como uno en *Nature*. Quienes sufren *el síndrome del PhD* acaban exacerbándolo, pues con sus actos parecen defender que tener un doctorado les convierte en competentes para hablar de todo lo divino y lo humano fuera de su especialidad. Solo así se puede entender porqué el propio Zivkovic, cronobiólogo, habla de política, o el matemático autor de *EvolutionBlog* discute la teodicea –el irresuelto problema teológico de por qué un dios bondadoso permite el mal en el mundo- o el médico responsable de *Bad Science* escribe de cambio climático. El caso de *Pharyngula*, el blog de ciencia más influyente del mundo según *Nature* y escrito por el biólogo P. Z. Myers, es sintomático. En un simple conteo de sus cuatro primeras páginas (a fecha de 20 de septiembre) he encontrado únicamente dos entradas dedicadas a la ciencia, pero 18 sobre religión: ¿Es eso periodismo científico? Si uno mira los blogs de ciencia más visitados descubre que su triunfo mediático no viene motivado por sus entradas de divulgación, sino porque el autor ofrece su opinión –y si es con cierto gracejo, mejor- sobre política o religión.

Subyacente al problema de quién debe divulgar se encuentra un matiz fundamental al que no se le presta la atención que requiere: popularización frente a divulgación.

Podemos definir *popularización* como el ejercicio de comunicación científica que tiene por objetivo interesar al ciudadano medio que inicialmente no tiene ningún interés especial por la ciencia. La divulgación, es la dirigida a un ciudadano con interés y conocimientos sobre ese tema en concreto. Por ejemplo, las revistas *Muy Interesante* y *Quo* y el superfamoso *Cosmos* de Carl Sagan son ejemplo de popularización; *Scientific American*, *American Scientist* y los libros *El gen egoísta* de Richard Dawkins o *Los tres primeros minutos del universo* de Steven Weinberg, por citar dos clásicos, son divulgación.

“Y no olvidemos que siempre es mejor 30 segundos que nada, porque ese nada puede hacer que desaparezca la ciencia de la pantalla del televisor.”

Torre de telecomunicaciones, Madrid.

*Foto por R.Duran (www.flickr.com)

El reto que viene: sociedad, ciencia y periodismo

En general, los blogs son ejemplos de divulgación. Pongamos un ejemplo sencillo. Veamos cómo definen lo que es un gen tres entradas en sendos famosos blogs de ciencia. L. A. Moran en *Sandwalk* lo define como “una secuencia de ADN que es transcrita para producir un producto funcional”. El citado P. Z. Meier en su *Pharyngula* lo define como “una región operacional del ADN cromosómico, parte del cual puede ser transcrito en un ARN funcional en el momento y lugar correcto durante el desarrollo. Así, el gen se compone de la región transcrita y las regiones reguladoras adyacentes”. Sandra Portes, del blog *Discovering Biology in a Digital World*, lo define como “una cadena heredable de nucleótidos que puede ser transcrita, creando una molécula con actividad biológica”. ¿A quién están hablando? ¿Al conjunto de la sociedad? Imagínese a su abuela leyendo cualquiera de esas definiciones. ¡Por favor! Si hasta Meier reconoce usar la definición dada en *Modern Genetics Analysis*... ¡un libro de texto!.

Por si no ha quedado claro, déjenme proporcionar los títulos de seis artículos, tres de *Muy Interesante* y otros tres de *American Scientist*. Les invito a que adivinen a cual pertenecen: Canales de la muerte mitocondriales, El cohete que llegó del frío, Más rápido que la luz, Campos magnéticos reconectados, Midiendo los límites de los biocombustibles, La física contra las cuerdas.

Moran o Zivkovik son acérrimos defensores de *American Scientist* como ejemplo de periodis-

mo científico de éxito. No es cierto. Es divulgación elitista, en absoluto dirigida al conjunto de la sociedad. No es por tanto extraño que aquellos que participan de ese elitismo denominen despectivamente a revistas del estilo de *Muy Interesante* como “el Carrefour de la ciencia”, pero en realidad es un halago.

“Si los periodistas científicos desean ganar relevancia en la sociedad... deben aprender suficiente ciencia para analizar e interpretar los resultados”

La popularización está a cargo de periodistas científicos; la divulgación, en manos de los científicos. Libros como *The fabric of reality* de David Deutsch o *The life of the Cosmos* de Lee Smolin sólo pudieron ser escritos por quienes lo hicieron pues en ellos explican sus propuestas e interpretaciones sobre un tema en concreto: es la personalísima visión del autor sobre su especialidad. Escribiendo con un estilo divulgativo el científico puede explicar sus teorías a un público mayor que el que com-

pone su pequeño círculo académico. De este modo la idea del “equilibrio puntuado” de Stephen Jay Gould llegó mucho más allá del recinto de la paleontología. Claro que eso a veces no sucede. Sadi Carnot ofreció al mundo sus *Reflexiones sobre la fuerza motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esa fuerza* en 1824. Por qué uno de los textos más importantes de la historia de la física tuvo una acogida tan exigua y no levantó la menor repercusión se debió a que Carnot lo publicó en forma de libro de divulgación y sus colegas lo despreciaron considerándolo un texto de ‘segunda’.

El problema de la comunicación de la ciencia se encuentra, por tanto, en la popularización. Pero el peor mal es que en las facultades de ciencias de la información es cercano a cero aquellas que imparten una asignatura de periodismo científico, y en los medios de comunicación, salvo honrosas excepciones, no hay periodistas con preparación en ciencia y un nivel de inglés aceptable. Así, podemos encontrarnos un periodista cuyo último contacto académico con la ciencia fue en 4º de la ESO, que chapurrea el inglés, escribiendo, casi de oídas, sobre terapias génicas o el PET. O como me sucedió hace unos años: charlando sobre tratamientos contra el cáncer con un periodista con 20 años a sus espaldas cubriendo temas de salud, comenté de pasada lo llamativo que debía ser para el público contarles que se usan metales como el oro, la plata o el platino en los compuestos de quimioterapia, y puse el ejemplo del cisplatino. Entonces soltó un ¡oh! asombrado, añadiendo: “pues yo creía que se llamaba así porque quedaba bonito”.

Carl Zimmer, uno de los mejores divulgadores científicos de la actualidad, ha dejado clara la labor del periodista, muy lejos de lo que significa un blog de ciencia: “Si voy a escribir un

artículo para *The New York Times* sobre un tema en particular, llamo a quienes están involucrados, hablo mucho con ellos, y cuento la historia, en parte, con sus propias palabras. Visito a los científicos y paso varios días con ellos prestando atención a todos los detalles y describiendo lo que para ellos significa ese tema, además de tomar nota de todo tipo de cosas interesantes que pueda encontrar. Este es el estándar cuando escribes sobre ciencia para los medios de comunicación de masas. Un post de blog típico es el de alguien sentado, leyendo el artículo y explicándolo. Yo llamaría a eso un ensayo. Claro que también puede ser un comentario sobre cómo la gente reacciona a la ciencia, ya sea atacando a un político que no entiende la ciencia o a un mal artículo sobre ciencia”. Para escribirlo en piedra.

¿Cuál es el futuro del periodismo científico? Una genuina apreciación social de la ciencia pasa por un periodista sobradamente preparado capaz de efectuar un análisis similar al que se da en el periodismo político o la crítica artística –hoy tenemos buenos pero escasos ejemplos de ello, como el citado Carl Zimmer. Pero también pasa por una ciencia que no ocul-



ta, como sucede ahora, el proceso humano que se encuentra detrás de toda investigación. Si el público no entiende lo que es la ciencia es porque periodistas y científicos presentan un comportamiento cuasirreligioso hacia la ciencia -aún recuerdo cuando un importante científico español me comentó que no se podía decir en público que un científico busca el reconocimiento de sus colegas-. ¿Cómo podemos extrañarnos de que nadie piense que es un método para entender el mundo? Apartar el proceso científico de la sociedad nos ha llevado a que se considere la ciencia una caja negra a la que pedir soluciones a nuestros problemas médicos, tecnológicos o ambientales. El mantra comienza con "La ciencia dice que" como si hubiera una especie de dios que decide lo que es válido o verdadero. Para Murcott todo ello exige dismantelar el "papel de los científicos como autoridades incuestionables".

Una de las cosas que se proponen es abrir el secretismo del *peer-review*. Un artículo publicado en una revista referenciada nos habla de un hecho consumado, no de algo dinámico que ha tenido sus críticas, comentarios, discusiones... Permitir el acceso al periodista a ese proceso enriquece la información y la hace más atractiva a la audiencia. Para ello habría que vencer la inercia del sistema científico y exigir que el periodista aprenda ciencia de verdad: "si los periodistas científicos desean ganar relevancia en la sociedad... deben aprender suficiente ciencia para analizar e interpretar los

"La pelea por captar la atención de la audiencia puede llevar a la fragmentación y distorsión de la actividad científica."

resultados -incluso los motivos de quienes patrocinan esa investigación-", ha sentencia- do Boyce Rensberger, que ha sido durante 30 años periodista científico en *The New York Times* y *The Washington Post*, además de director durante 10 años del importante programa *Knight Science Journalism Fellowship* del MIT. Se puede decir más alto pero no más claro. Éste es el reto.

LAS TRES TENTACIONES DE LA DIVULGACIÓN

Hacer divulgación científica tiene sus tentaciones, que cualquiera puede descubrir prestando atención a lo que aparece (y no aparece) en los diferentes medios de comunicación.

La primera es la *tentación oscurantista*: renunciar a hacer accesible ciertos temas porque entrañan cierta dificultad o porque valoramos que serían difíciles de entender. Por supuesto, no pretendo decir que no haya temas difíciles o complicados: me viene a la mente la química de coordinación o, más cercano a la física y mucho más llamativo, la teoría de cuerdas. Ahora bien, la tentación surge no por el tema, sino porque la premura de tiempo o el esfuerzo necesario para entenderlo hace que el periodista renuncie a explicarlo. Hay temas complejos y su divulgación exige más de lo que podemos o estamos dispuestos a dar.

La segunda es la *tentación sensacionalista*: como alguien dijo una vez, *The New York Times* ha curado el cáncer más de una docena de veces. La pelea por captar la atención de la audiencia puede llevar a la fragmentación y distorsión de la actividad científica.

No obstante, los investigadores contribuyen aquí en gran medida: ¿quién no recuerda esos anuncios a bombo y platillo del descubrimiento del gen de la homosexualidad, la fusión fría o la vida en Marte? Una técnica que puede acabar en el hartazgo: todos los años las agencias espaciales anuncian haber encontrado nuevas pruebas de agua en Marte. Como vende... Cuando hay dinero en juego el impacto mediático de una investigación resulta muchas veces determinante. Y si el periodista no cuenta con la formación adecuada para valorar la información, la "exageración" está servida.

Finalmente, tenemos la más extendida y más falaz, la *tentación utilitarista*: cualquier descubrimiento científico debe servir para algo; si no, pierde "calidad". El inevitable "¿para qué sirve?" es algo con lo que tiene que pelear el divulgador científico. Hay una célebre anécdota acerca del estudiante que preguntó a Platón para qué servían los complicados teoremas que estaba enseñándole. Platón, un aristócrata de aspecto físico impresionante -su nombre significa *de anchos hombros* y era el apodo que su entrenador de gimnasia le puso cuando participó en los Juegos Ístmicos-, ordenó dar una moneda al estudiante para que no pensara que había obtenido conocimientos sin ganancia, tras lo cual le hizo expulsar de su Academia.

Miguel Ángel Sabadell

Editor de Ciencia de la revista *Muy Interesante*
Director científico de Art Natura Málaga



Atardecer en Ciudad Quezon, Filipinas

*Foto por Daniel Y. Go (www.flickr.com)

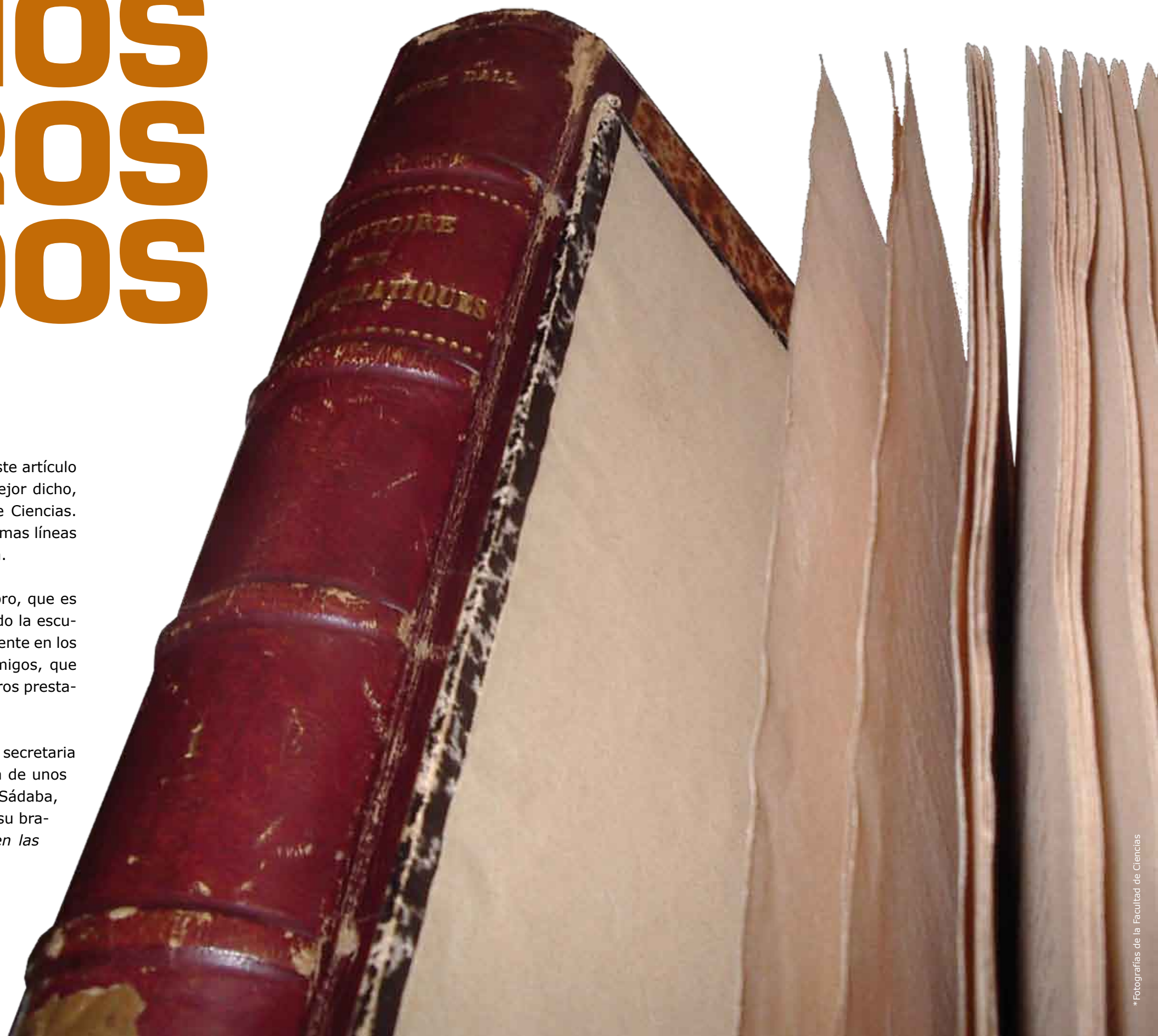
HISTORIA DE UNOS LIBROS VIAJADOS

POR ANA ISABEL ELDUQUE

No he podido evitar la tentación de escribir este artículo recogiendo un hecho que me sucedió o, mejor dicho, nos sucedió ya que afecta a la Facultad de Ciencias. Creo que lo que os voy a narrar en las próximas líneas es indicativo del mejor espíritu de esta casa.

Dicen que “sólo hay algo más estúpido que prestar un libro, que es devolverlo”. Es una frase que se me quedó grabada cuando la escuché por primera vez, ya que una servidora raya continuamente en los grados de estupidez indicados. Afortunadamente, mis amigos, que sin ser estúpidos son realmente honestos, retornan los libros prestados con elevados intereses de gratitud y cariño.

El pasado 20 de enero me esperaban en Decanato. Mi secretaria me indicó que una persona quería hablar conmigo acerca de unos libros. La persona en cuestión, resultó ser José Manuel Sádaba, catedrático de Matemáticas de bachillerato. Llevaba bajo su brazo un paquete que, según decía, le estaba *quemando en las manos*.



Historia de unos libros viajados

José Manuel, aunque ya jubilado, sigue ejerciendo con empuje su vocación de profesor, tutelando en sus ratos libres a antiguos alumnos con los que sigue en contacto. Algunos de estos son ahora alumnos de nuestra Facultad y os puedo decir que se nota la buena formación y el apoyo que recibieron, y reciben, de este profesor. Ellos ya saben quiénes son, y José Manuel también... Pero volvamos a la historia.

José Manuel me indicó que le gustaba visitar mercadillos de libros viejos y curiosear los ejemplares que se ofertan. En una visita suya a uno de estos mercados de libros viejos en Madrid adquirió dos volúmenes. El primero era "*Récréations Mathématiques et Problèmes des Temps Anciens et Modernes*", escrito por W. Rouse Ball del Trinity College de Cambridge. Se trataba de una segunda edición traducida al francés de la cuarta edición inglesa, editada por una librería parisina en 1909. El segundo libro correspondía al título "*Histoire des Mathématiques*" del mismo autor, misma editorial y, en este caso, la traducción francesa de la tercera edición inglesa, editada en 1906.

Pero la sorpresa llegó cuando nuestro protagonista descubrió, una vez que los ejemplares estaban en su poder, que en el lomo de la encuadernación de ambos aparecía la leyenda F.C. de Z.

Para alguien no familiarizado con nuestro entorno, estas siglas no le dicen nada. Para un Antiguo Alumno de

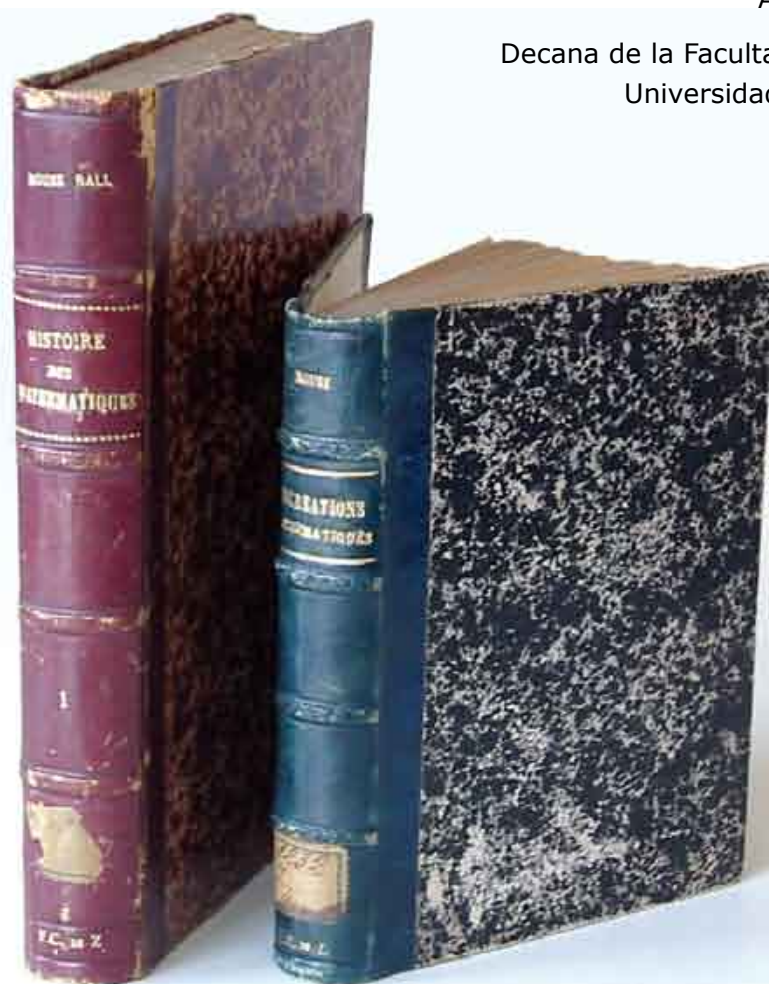
la Facultad, como es José Manuel, la relación fue inmediata: Facultad de Ciencias de Zaragoza. La sospecha se confirmó cuando, al abrir el primer libro, observó un sello proclamando: "Biblioteca García de Galdeano" y la referencia: 1232, est 7, T 4.

Con esta información nuestro querido profesor no lo dudó. Algo, supongo que un cierto orgullo de hacer su propia aportación al acervo de esta Facultad, le indicó que estos títulos debían ocupar el espacio que les correspondía y del cual fueron removidos tiempo atrás. Que en ningún anaquel, fuera de librería de viejo o de coleccionista, podrían ser ubicados mejor que entre sus antiguos *compañeros*.

Un pequeño acto pero de una generosidad que honra a José Manuel y le hace objeto de toda nuestra gratitud.

Ana I. Elduque

Decana de la Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza



1.



2.



3.



4.



5.

1.- Los ejemplares "viajados".

2.- Sello y referencia de uno de los libros.

3, 4, 5.- Diferentes imágenes de la biblioteca García de Galdeano.



EL LHC LLEGA A ZARAGOZA

Zaragoza ha acogido desde el 11 al 23 de marzo de este año la exposición fotográfica "El CERN a través de los ojos de Peter Ginter: La visión de un poeta", una muestra que refleja el proceso de construcción del LHC, el gran acelerador de partículas situado

en la sede de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en francés), en Ginebra, en el que los científicos esperan resolver algunas de las dudas básicas sobre la formación del Universo. Esta exposición ha llegado a Zaragoza de la mano del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN), proyecto Consolider-Ingenio 2010 gestionado por el CSIC que coordina la participación española en este gran experimento científico. Su recorrido por España, donde ya ha visitado 12 ciudades, está financiado por el CPAN y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología-Ministerio de Ciencia e Innovación, y cuenta además con el apoyo de la Fundación BBVA.

POR ALBERTO VIRTO

El LHC llega a Zaragoza

El LHC (siglas en inglés del Gran Colisionador de Hadrones) es el acelerador de partículas más grande del mundo, una compleja instalación que consiste en un gran túnel situado a 100 metros bajo tierra, ubicado cerca de Ginebra, que describe una circunferencia de 27 kilómetros de longitud, a través del cual se hacen circular haces de protones con grandes energías para hacerlos chocar.

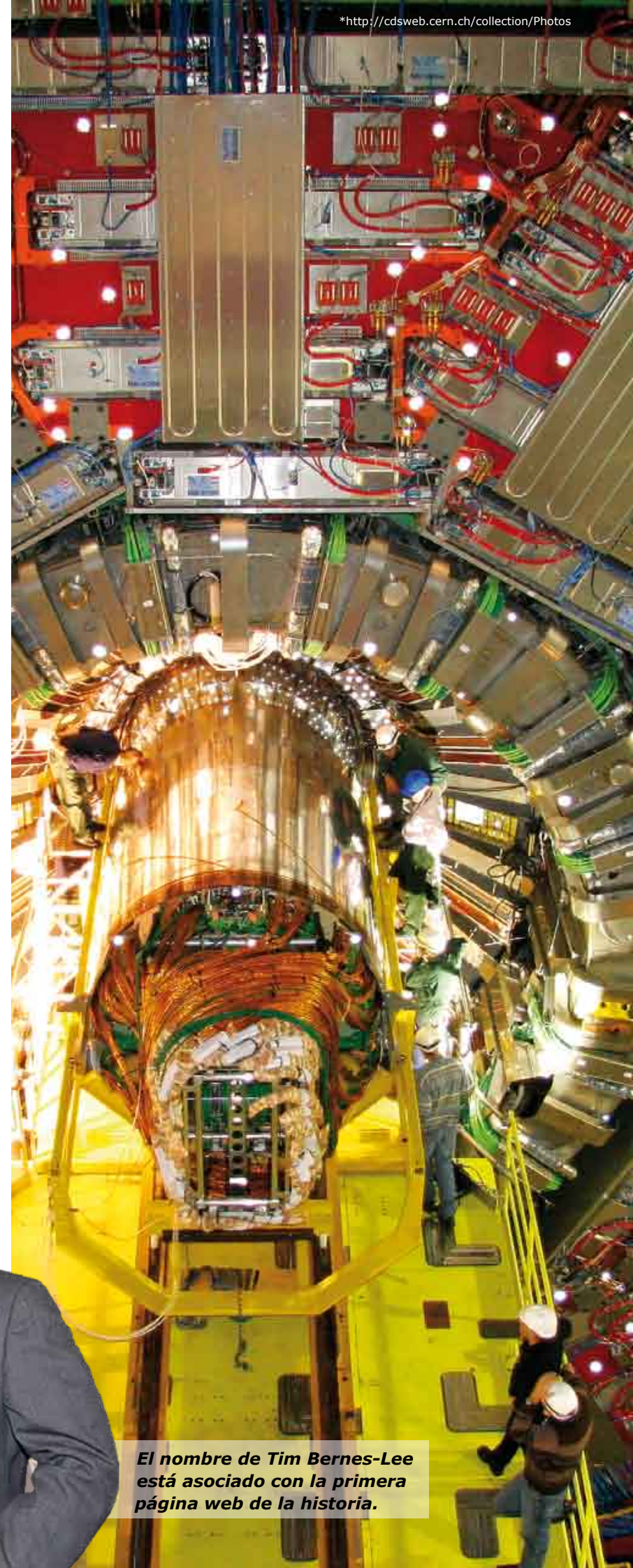
Estas colisiones, que van a ser observadas por los científicos mediante cuatro grandes detectores, recrearán los primeros instantes del universo, justo después del Big Bang (hace 13.700 millones de años). Entre las partículas, que se esperan observar, está el ansiado y denominado 'Bosón de Higgs', una partícula postulada por el físico escocés Peter Higgs en 1964 y que, según el Modelo Estándar, confiere masa al resto de partículas (los "ladrillos" que constituyen la materia). Si finalmente no se encuentra, habría que revisar completamente las teorías mediante las cuales la Física explica el Universo.

A pesar de algunos problemas técnicos en su puesta en marcha el pasado año, desde el 28 de febrero se ha ido incrementando la energía de los haces hasta alcanzar un verdadero hito: 3.5 TeV por haz de protones. Esto ocurrió a las 13.06 el 30 de marzo y esta fecha ya ha hecho historia en la Gran Ciencia. En palabras del director general del CERN, Rolf Heuer, "Estamos

abriendo la puerta a una nueva era de la Física, a un nuevo periodo de descubrimientos en la Historia de la Humanidad". Desde entonces no hay día en el que los medios de comunicación no se hagan eco de alguna declaración de los científicos del CERN. Su portavoz ha dicho recientemente "Está funcionando extremadamente bien. Estamos recibiendo una gran cantidad de datos para que los analistas de laboratorios de todo el mundo les hinquen el diente, aunque podrían pasar meses o años antes de que surja algo nuevo".

Después de unos meses de pruebas (se prevé entre 18 y 24) se irá incrementando hasta su máximo que se cifra en 7 TeV por cada haz. A su máxima potencia (14 TeV) los protones alcanzarán velocidades cercanas a las de la luz, con las que se esperan obtener 600 millones de colisiones cada segundo. En el anillo del LHC hay instalados cuatro grandes detectores, o experimentos: ATLAS, ALICE, LHCb y CMS. Estos van a registrar las colisiones pp y el volumen de datos que se generará en ellas será enorme; se cifra en cerca del 1% de la producción total de información mundial. Este enorme volumen de información va a ser compartido por los más de 10.000 científicos del centenar de países que participan en el CERN, por lo que se requieren importantes desarrollos tecnológicos. En la actualidad, la participación española -con un 9% al total del presupuesto- en este gran experimento científico internacional, se coordina a través del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN) en el que participan dos grupos teóricos y experimentales de la Universidad de Zaragoza.

"Estamos abriendo la puerta a una nueva era de la Física, a un nuevo periodo de descubrimientos en la Historia de la Humanidad"



El nombre de Tim Bernes-Lee está asociado con la primera página web de la historia.

WWW EN EL CERN

La ingente cantidad de información que va a tener que procesar para analizar las colisiones protón-protón, ha obligado a "ampliar" la capacidad informática del CERN gracias a la computación en Grid. Cabe citar que la creación de la actual web de Internet surgió en 1989 en el CERN, como respuesta a esta necesidad por parte de los investigadores de compartir documentación. El nombre de Tim Bernes-Lee está asociado con la primera página web de la historia que estuvo alojada en <http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html>. En realidad hay dos fechas que son referencia; un 12 de noviembre de 1990 con su puesta "oficial" y el 30 de abril de 1993 en la que el CERN anuncia la disponibilidad de la web para todo el mundo de forma gratuita y sin "horarios".

LA NUEVA FÍSICA Y LA PARTÍCULA DE DIOS

El acelerador de partículas LHC del CERN, junto con otra pléyade de ingeniosos experimentos, constituyen fascinantes herramientas que nos permitirán completar este conocimiento y hacer avanzar la frontera del mundo subatómico. Tratarán de responder a preguntas tan fundamentales como cuál es el origen de la masa de las partículas o entender cómo el Universo ha sido capaz de deshacerse de la antimateria de una forma tan elegante.

León Lederman (físico experimental, premio Nobel de Física en 1988 por sus trabajos sobre los neutrinos y ex-

El LHC llega a Zaragoza

director del Fermilab) dio vida en 1993, con su famoso libro "The God Particle: If the Universe Is the Answer, What is the Question?", a una nueva partícula; la Partícula de Dios, término que ha calado en los medios de comunicación para referirse al bosón de Higgs. Quizás no fue el deseo de Lederman pero la partícula divina se está haciendo célebre a nivel mundial gracias al LHC y...a su libro.

Otras posibilidades mas excitantes incluyen el hallazgo de nuevas estructuras de materia, nuevas fuerzas o nuevas dimensiones del espacio y del tiempo. Y sobre todo responder a la nueva e inquietan-

te pregunta: ¿Cuál es la naturaleza de la materia y energía que constituyen la esencia del Universo invisible?

LHC EN ZARAGOZA

Para la llegada a Zaragoza de la exposición fotográfica de Peter Ginter, han contribuido tanto las buenas gestiones de los catedráticos José Ángel Villar y Manuel Asorey como de la Dirección General de Ciencia y Tecnología del Ayuntamiento de Zaragoza y la Cátedra José María Savirón de Divulgación Científica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, financiada por el Ayuntamiento de Zaragoza y el Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón.

La muestra ha podido verse en el Paseo de la Independencia y ha consistido en 31 paneles (de casi 800 kg), con dos fotografías en cada cara, obra del artista alemán Peter Ginter quien, fascinado por la belleza de la Física de Partículas, se ha convertido en un célebre fotógrafo científico. Su proyecto dedicado al emblemático acelerador del CERN, el LHC, se inició en el año 2000 y le ha llevado alrededor del mundo, visitando no sólo el CERN, sino otros laboratorios colaboradores en Alemania, Pakistán, Rusia, España y EEUU. Con fama mundial ha ganado cinco premios World Press y la medalla de oro del Art Director's Club por sus trabajos ilustrando diferentes campos científicos.



* <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos>



*Fotografía de la Facultad de Ciencias



*Fotografía de la Facultad de Ciencias



*Fotografía cedida por el Ayuntamiento de Zaragoza

Imágenes de la exposición en el Paseo Independencia.

El LHC llega a Zaragoza

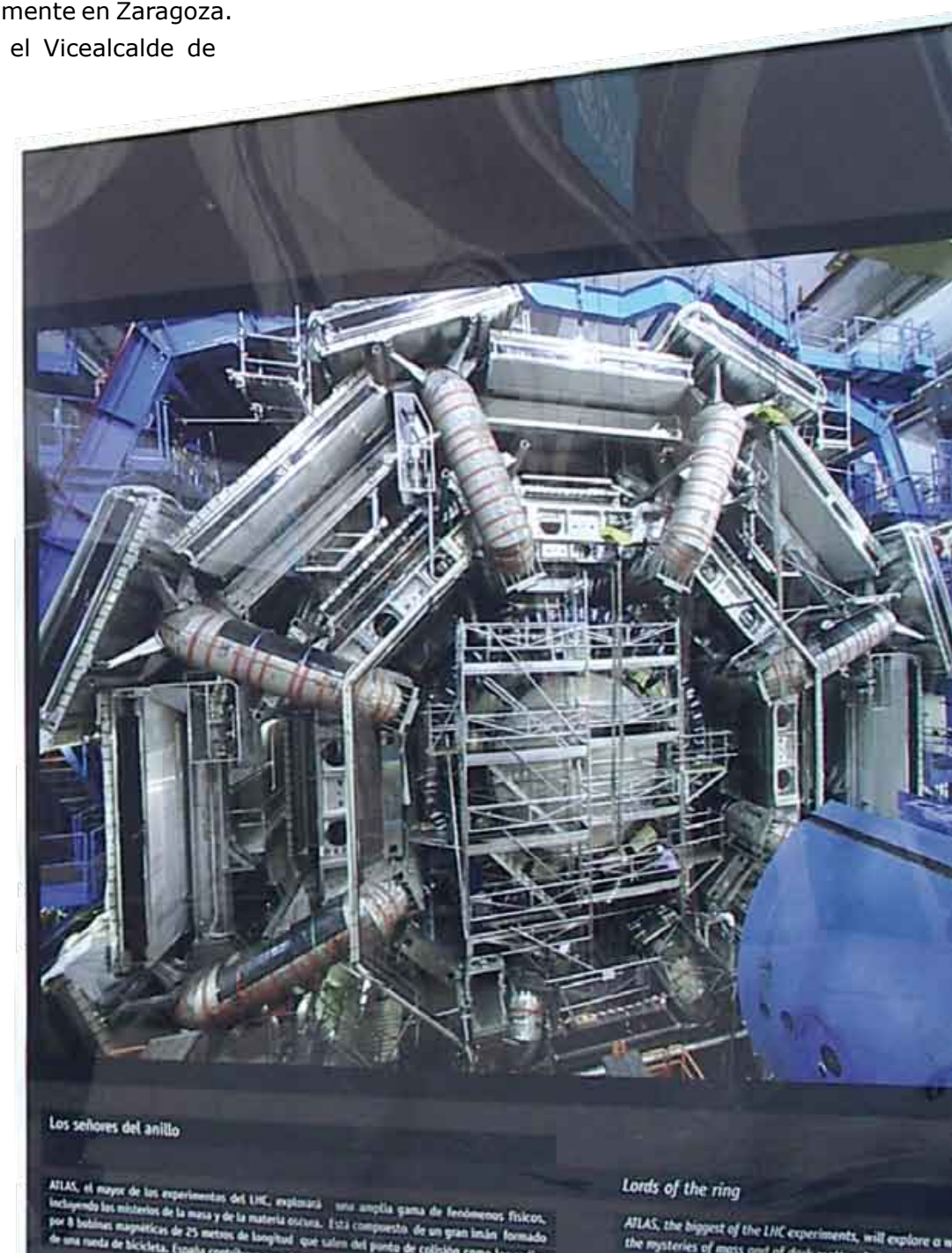


A través de su cámara, los enormes instrumentos del LHC se convierten en obras de arte, con el ser humano ocupando siempre una posición central, revelando así la belleza encerrada en la Ciencia y la aventura humana que se esconde en ella.

La exposición empezó su gira mundial en el verano de 2008 a orillas del lago de Ginebra con gran afluencia de público y notable éxito. La gira española comenzó en agosto de 2009 en Santander y hasta la fecha ha visitado varias ciudades como Madrid, Valencia o Sevilla hasta finalizar, en España, precisamente en Zaragoza. El día de la inauguración, el Vicealcalde de Zaragoza, Fernando Gimeno explicó el motivo de esta exposición en el Pº de la Independencia "lo hacemos en la calle porque es el espacio donde pasan más nuestros vecinos y donde la gente lo va a poder ver más", y que "lo que se pretende es divulgar entre los jóvenes y entre los ciudadanos lo que son aspectos fundamentales del futuro para nuestra ciudad, para nuestra sociedad y para la vida misma".

Por su parte, el Catedrático de Física Teórica de la Universidad de Zaragoza, Manuel Asorey, destacó que "el mayor logro de la civilización en estos momentos es este aparato, que es el mayor instrumento científico

"Los jóvenes han tenido así la oportunidad de descubrir y acercarse a uno de los proyectos científicos más ambiciosos concebidos hasta la fecha."



Los señores del anillo

ATLAS, el mayor de los experimentos del LHC, explorará una amplia gama de fenómenos físicos, incluyendo los misterios de la masa y de la materia oscura. Está compuesto de un gran imán formado por 8 bobinas magnéticas de 25 metros de longitud que salen del punto de colisión como los radios de una rueda de bicicleta. Escala construida por el CERN.

Lords of the ring

ATLAS, the biggest of the LHC experiments, will explore the mysteries of mass and of dark matter. It is composed of a large magnet formed by 8 magnetic coils of 25 meters in length that radiate from the collision point like the spokes of a bicycle wheel. Scale built by CERN.

El LHC llega a Zaragoza

construido con la más avanzada tecnología, y es un orgullo traerlo a Zaragoza para que se vea que esta tecnología ya está dominada, y que la vamos a aprovechar en el futuro para otras numerosas aplicaciones prácticas”.

La exposición ha estado dirigida tanto al público general como al especializado. La exposición ha sido también visitada por centros de secundaria, coordinados a través del Programa “Ciencia Viva”, que han sido guiados por científicos miembros del CPAN de la Universidad de Zaragoza. Los jóvenes han tenido así la oportunidad de descubrir y acercarse a uno de los proyectos científicos más ambiciosos concebidos hasta la fecha.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS A LO LARGO DE 2010

A lo largo de este año 2010 se van a ir realizando varias actividades sobre esta temática con diversas Conferencias que oportunamente se indicarán, organizadas tanto por la Cátedra José María Savirón como por la Facultad de Ciencias y la Real Academia de Ciencias de Zaragoza. La primera de ellas tuvo lugar en Ámbito Cultural de El Corte Inglés, el pasado día 15 de enero, a cargo del Prof. José Ángel Villar, Director Asociado del Laboratorio Subterráneo de Canfranc y Catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de nuestra Universidad. También intervino con una conferencia sobre el LHC, en la Facultad de Ciencias, el Prof. Juan Fuster del CSIC, en la actualidad Gestor del Programa Nacional de Física de Partículas. En el mes de abril fue el académico Prof. Manuel Aguilar Benítez del CIEMAT. Por su parte el Prof. Alberto Casas presentó, en febrero, su reciente libro “El LHC y la frontera de la física”, en una conocida librería de la ciudad, en un acto a cargo del Catedrático Emérito de la Facultad Manuel Quintanilla. Finalmente, el 25 de mayo está prevista una conferencia del Prof. Alberto Galindo, Presidente de la Real Academia Española de Ciencias, sobre “La gran sinfonía cósmica” en el ciclo “Cita con la Ciencia”, organizado por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza y la Academia de Ciencias de España.

Alberto Virto

Presidente del Colegio de Físicos de Aragón

Secretario de la Comisión Mixta
Cátedra José María Savirón



100% alta tecnología

A high-tech bo

Puentes de comunicación con nuestros ANTIGUOS ALUMNOS

A screenshot of the 'Inscribirse' (Register) form for former students. The form is divided into several sections: 'Datos Personales' (Personal Data), 'Datos académicos' (Academic Data), 'Datos Profesionales' (Professional Data), and 'Datos de validación de usuario' (User Validation Data). The 'Datos Personales' section includes fields for 'Apellidos*', 'Dirección*', 'Población*', 'País*', 'Teléfono', 'e-mail*', 'Lugar de nacimiento', 'Nacionalidad', 'Nombre*', 'DNI*', 'Código Postal*', 'Provincia*' (set to 'Zaragoza'), '(Indicar la provincia en caso de residir en España)', 'Teléfono móvil', and 'Fecha nacimiento (dd/mm/aaaa)'. The 'Datos académicos' section includes 'Universidad de Zaragoza. Facultad de Ciencias', 'Título*' (set to 'Diplomatura en Óptica'), 'Añadir más titulaciones...', and 'Año de finalización de estudios *'. The 'Datos Profesionales' section includes '¿Está trabajando actualmente?' (Yes/No), 'Sector empresa*', 'Empresa*', 'Cargo*', 'Dirección*', 'Población*', 'País*', 'e-mail*', 'Código CNAE (ver anexo)', 'Fecha de inicio * (dd/mm/aaaa)', 'Código Postal*', 'Provincia*' (set to 'Zaragoza'), '(Indicar la provincia en caso de domicilio en España)', and 'Teléfono'. The 'Datos de validación de usuario' section includes 'Usuario *' and a password field with the note '(Entre 5 y 20 caracteres)'. There are also buttons for 'Museo de Ciencia' and 'Inscripción Antiguos Alumnos'.

Si eres Antiguo Alumno
INSCRÍBETE EN NUESTRA WEB

<http://ciencias.unizar.es/web/antiguosInicio.do?perfil=antiguos>

¡Te estamos esperando!

Eduard Punset reivindica un nuevo sistema educativo que enseñe cómo gestionar las emociones

La Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza nombra al escritor y divulgador científico miembro de honor del Senatus Científico.

La decana Ana Elduque entregó al homenajeado el título acreditativo de senador y le impuso la insignia de oro de la facultad.

Cientos de personas aguardaron durante horas para asistir a su conferencia en el Aula Magna, que registró un lleno sin precedentes, y para participar en la firma de libros.

Eduardo Punset, uno de los principales referentes en la divulgación científica en España, abogó por una regeneración del sistema educativo actual, por considerar que está caduco, y consideró necesario dotarle con "competencias nuevas e insospechadas", como la gestión emocional, que permitan al ser humano un crecimiento integral. Punset abordó éste y otros temas durante la conferencia que impartió el pasado 27 de abril en una abarrotada Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, tras ser nombrado miembro de honor del Senatus Científico de dicho centro, por su dilatada tarea divulgadora en aras del conocimiento científico.

La decana de la Facultad de Ciencias, Ana Elduque, le hizo entrega del título acreditativo de Senador y le impuso la insignia de oro de la facultad, en un emotivo acto, que se prolongó a lo largo de dos horas. Con un contundente, sincero y largo aplauso, estudiantes, profesores e investigadores procedentes de todos los centros de la Universidad de Zaragoza y ciudadanos en general recibieron a Eduard Punset en un Aula Magna que registró un lleno sin precedentes. Ni siquiera su elevado número de butacas, ni los pasillos laterales ni el espacio que rodea el estrado, con jóvenes sentados por el suelo, fueron suficientes para acoger a los cientos de personas que durante horas aguardaron pacientemente para escuchar a este divulgador nato,



Eduard Punset reivindica un nuevo sistema educativo que enseñe cómo gestionar las emociones

con una habilidad singular para conectar con cada uno de los oyentes. Su amabilidad y generosidad fueron igualmente ilimitadas a la hora de entregarse a la tarea de atender a los medios de comunicación, unas horas antes, así como a la firma de su última publicación.

A Punset no le importaron las consignas estrictas que había hecho llegar su propio gabinete, que imponía un descanso de media hora entre la firma de libros y la conferencia. Declinó esta posibilidad y, ante las interminables filas de personas que desde la puerta de Ciencias recorrían el hall hasta la Sala de Grados, prefirió dedicarse a sus fieles seguidores, con una paciencia infinita, hablándoles, posando con ellos para la correspondiente foto y haciéndoles sentir únicos e importantes.

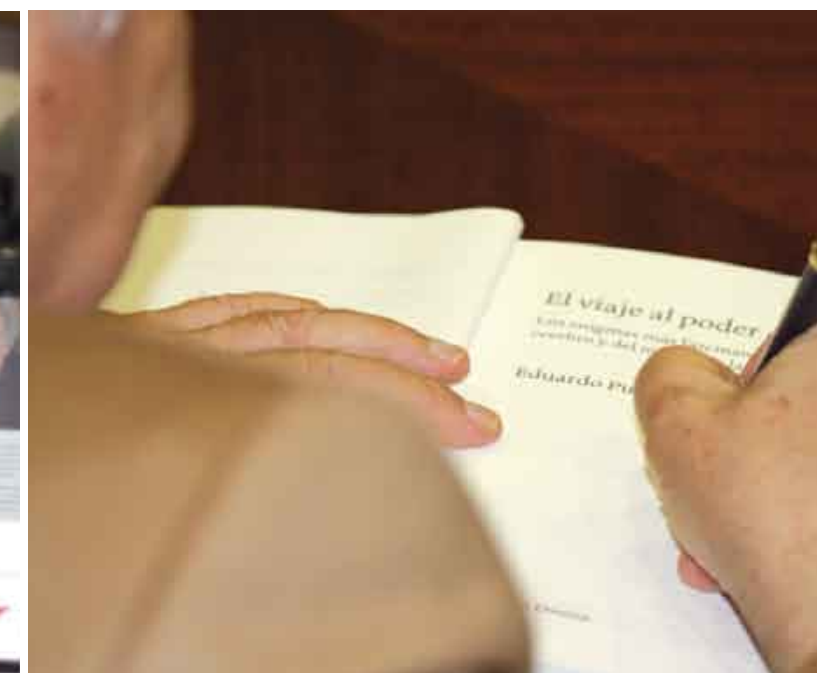
En medio de un respetuoso silencio, el escritor y divulgador científico, de pie, y con micrófono en mano, reivindicó un sistema educativo, que ofrezca un aprendizaje social emocional, como forma de aprender a gestionar las propias emociones; a trabajar en equipo, pero de forma cooperativa, o a focalizar la atención ante tanto estímulo que impide la concentración en un pensamiento. Punset defendió esta gestión emocional, entre otras, para evitar episodios como el de la niña de Seseña, niña a la que, en su opinión, nadie la había enseñado a gestionar emocionalmente su rabia o su desprecio.

En cualquier caso, Punset insistió en que antes o después se producirá una necesaria revolución en un sistema educativo que en su época tan sólo iba dirigido a que el alumno encontrara trabajo, algo que ya ni siquiera ocurría. El escritor insistió en que esta revolución vendrá de la mano de los últimos



“Su amabilidad y generosidad fueron ilimitadas a la hora de entregarse a la tarea de atender a los medios de comunicación, así como a cada uno de los que consiguieron su firma en su última publicación.”

Eduard Punset durante la rueda de prensa y firma de libros (Sala de Grados, Facultad de Ciencias). En la mesa junto a Punset, Ana Elduque y Luis Boya.



Eduard Punset reivindica un nuevo sistema educativo que enseñe cómo gestionar las emociones



*Fotografía de la Facultad de Ciencias



Mesa y asistentes a la conferencia en el Aula Magna de la Facultad.

*Fotografía por Carmina Puyod

descubrimientos que se han producido sobre el cerebro en los últimos años, y que él mismo ha analizado, tal como expone en su último libro, "Viaje al poder de la mente". Con esta obra, Punset ha cerrado la trilogía sobre la felicidad ("El viaje a la felicidad"), el amor ("El viaje al amor") y ahora, con el de la mente, el "único poder que existe", muy superior al resto, incluido el poder político, aseguró.

El escritor señaló que el poder político se ha exagerado en España, algo "lógico" si se tiene en cuenta que ha sido un país "sin trasiego político, sin juego democrático, ni confrontación".

Su convencimiento de que el instrumento de nuestro tiempo es el cerebro radica en los resultados obtenidos en dos estudios. Uno de ellos, realizado entre los taxistas londinenses, demostró que el hipocampo de sus cerebros

era mayor al resto, después de memorizar las calles durante tres años antes de presentarse a un examen. Estas conclusiones demuestran que la experiencia personal puede llegar a producir cambios en algo que se consideraba inamovible.

De este modo, Punset subrayó que, aunque es cierto que estamos programados, añadió que "sí, pero para ser únicos, porque depende de cómo seamos, de nuestra experiencia. Y esto transformará el sistema educativo, las empresas e incluso las relaciones de parejas", matizó. El segundo estudio es el que se basa en la constatación de que el mayor tiempo transcurrido en la historia de la evolución ha sido inconsciente. "La humanidad se las ha arreglado muy bien con la intuición".

"En medio de un respetuoso silencio, el escritor y divulgador científico, de pie, reivindicó un sistema educativo, que ofrezca un aprendizaje social emocional, como forma de aprender a gestionar las propias emociones."



*Fotografía de la Facultad de Ciencias

Eduard Punset reivindica un nuevo sistema educativo que enseñe cómo gestionar las emociones



*Fotografía de la Facultad de Ciencias

Para Punset existe también un poder importante pero, apenas desarrollado, como es el que produciría la unión de la comunidad científica y el sector industrial que, en su opinión, es imparable. No obstante, lamentó que en España exista un abismo entre la comunidad científica y la industria económica, aunque hizo una salvedad para Aragón, en donde, en su opinión, se estaba produciendo un gran esfuerzo para que dicho abismo fuera menor.

Punset habló también de este poder y de numerosas cuestiones que le plantearon tras su conferencia las personas que llenaron el Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Punset respondió a la atención y el respeto mostrados por el público asistente haciendo gala de su oratoria y ge-

nerosidad para compartir su pensamiento, sin prisas, con humildad, con cariño.

Punset agradeció además el nombramiento recibido por parte del Senatus Científico que le hizo entrega su presidenta en funciones, la decana de Ciencias, Ana Elduque, acompañada por los catedráticos y miembros del Senatus, Rafael Núñez-lagos y Luis Boya, que a su vez es presidente de la Real Academia de Ciencias de Zaragoza. Con este nombramiento, el Senatus Científico quiso reconocer la **fructífera y constante labor de divulgación de la ciencia** en la sociedad española durante los últimos **20 años**. El Senatus nació en el 2006 en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, con el objetivo de "integrar el conocimiento y la experiencia de los profesores que han dedicado su vida a la enseñanza y la investigación en la Facultad de Ciencias y en reconocimiento a su extensa y fructífera labor académica".

Sin duda alguna, el Senatus Científico dejó demostrado que la capacidad y fuerza de sus integrantes siguen plenamente activas, al haber conseguido llevar hasta el corazón de la Facultad de Ciencias a una de las personas más emblemáticas de la divulgación científica en España y en el panorama internacional. Así también lo destacó la decana Ana Elduque durante el nombramiento a Punset: "Este acto hace bueno el lema que se eligió para el Senatus: Scientia nunquam quiescit, la sabiduría siempre activa. Y hoy nos lo siguen demostrando, y con una puesta en escena de máximo nivel". Un éxito en el que también se contó con el apoyo de la Academia de Ciencias y de la Cátedra José María Savirón de Divulgación Científica. "Muchas gracias, Eduard, por tu amabilidad por venir a nuestra casa que, desde hoy, también es la tuya, concluyó la decana. Bienvenido a la

Comunidad de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza". Y Punset, agradecido ante tanta muestra de cariño de los ahí presentes, continuó firmando ejemplares de su último libro.

Carmina Puyod

Periodista de la Unidad de Cultura Científica
Universidad de Zaragoza
mcpuyod@unizar.es

"Punset respondió a la atención y el respeto mostrados por el público asistente haciendo gala de su oratoria y generosidad para compartir su pensamiento, sin prisas, con humildad, con cariño."



*Fotografía por Carmina Puyod

Premio de Fotografía San Alberto Magno 2009

El concurso de Fotografía San Alberto Magno ha recibido en los dos últimos años un fuerte impulso, gracias a un acuerdo de colaboración con el Ayuntamiento de Zaragoza, en particular con la Junta Municipal "Universidad".

El concurso propone a todos los miembros de la comunidad universitaria que reflejen en imágenes la actividad científica o bien aporten una visión artística sobre la Ciencia.

La participación en esa nueva edición, la del año 2008, contó con un elevado número de obras enviadas, 75, manifestándose de esta manera entusiasta las ganas de recuperar una actividad que había quedado relegada a la memoria. La elección de los premiados supuso una tarea difícil para el jurado, no sólo por la cantidad de trabajos presentados, sino por la calidad mostrada en la mayoría de las obras. En este jurado, además de miembros de la comunidad científica, formaban parte destacados nombres del mundo artístico de la ciudad, en particular del ámbito de la fotografía, representado por Julio Álvarez Sotos director de la Galería SPECTRUM. Analizadas las obras presentadas, el jurado valoró fundamentalmente en las tres obras premiadas los conceptos, así como su resolución plástica, tanto técnica como compositiva, imprescindible para obtener una fotografía artística. Todas las obras presentadas a concurso se expusieron en la Facultad, destacando aquellas que habían sido seleccionadas entre las diez primeras, y la entrega de los premios se llevó a cabo el día que la Facultad de Ciencias celebra los actos de su patrón.

Este pasado noviembre se convocó una nueva edición del premio de fotografía y, aunque la participación fue menor, el nivel de calidad de las obras presentadas fue excepcional.

El primer premio recayó en la serie de fotografías "**Uluru**", presentada por Francisco Gutiérrez Santolalla, y que recoge las imágenes de **Ayers Racks**, un 'inselberg' (monte isla) que se eleva unos 350m sobre la inmensa llanura del desierto australiano. Un lugar sagrado para los aborígenes y uno de los sitios mas visitados del planeta.

Según este profesor del Departamento de Ciencias de la Tierra, "*su magia es debida en buena medida a que las rocas en superficie presentan una pátina rojiza formada por óxidos de hierro cuya tonalidad varía a lo largo del día según la posición del sol y las condiciones atmosféricas*". Pero hay más: "*los procesos de alteración dan lugar a oquedades con geometrías caprichosas (tafonis, alvéolos y gnamas), Estas formas son debidas fundamentalmente a la cristalización de sales, que deben ser transportadas por los agentes atmosféricos hasta Uluru desde grandes lagos salados como el Amadeus*".

José Manuel Martín Casales, técnico especialista en Medios Audiovisuales en la Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte de Huesca, repetía participación en el certamen. "**Simbiontes**", tomada con un objetivo macro junto al pantano de Vadillo, se alzó con el segundo premio, en una imagen que transmite más allá de la perfecta composición y maravillosos colores que nos proporciona la naturaleza.

El espectáculo que nos ofreció la naturaleza el pasado 9 de enero del 2009 de poder disfrutar de una Zaragoza nívea y primorosa, en una visión tan poco frecuente, no pasó indemne por la retina de Eduardo Laga Lazara, estudiante de doctorado y ganador del tercer premio. La imagen que posteriormente recogió con su cámara le inspiró sensaciones de soledad, fragilidad e indefensión. La foto la tomó en el parque municipal de Cadrete y según explica "*la dul-*



Primer Premio: serie "Uluru", por Francisco Gutiérrez Santolalla

Premio de Fotografía San Alberto Magno 2009

zura y la calma del manto de nieve le dan una serenidad que, al levantar la vista, contrasta con "un cierto grado de violencia y desasosiego debido a la energía con la que siguen cayendo los copos de nieve". El título: "**Fractales de hielo**".

Un cúmulo de sensaciones fueron también los artífices de la fotografía que obtuvo el accésit en esta edición, y que le llevaron a Ana Serrano Tires a tomar los planos de la serie de tres fotografías que tituló "**Sensaciones LED**", mientras paseaba una noche por el recinto de la Expo. La afición por la fotografía artística ya le había proporcionado satisfacciones como el haber sido galardonada con los premios Tarazona Foto y Ciudad de Huesca 2002. Ana Se-

rano es licenciada en Bellas Artes por la Universidad de Valencia y trabaja como profesora en el Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación de la Universidad de Zaragoza, donde se ha doctorado en Ingeniería.

Los premios fueron entregados el pasado 13 de noviembre en el acto en honor de San Alberto Magno por el concejal-presidente de la Junta municipal Universidad, D. Manuel Medrano Marqués.

Concepción Aldea
Vicedecana de Proyección Social
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza



1.- Segundo Premio: "Simbiontes",
por José Manuel Martín Casales

2.- Tercer Premio: "Fractales de hielo",
por Eduardo Laga Lazara

3.- Mención de Honor: serie "Sensaciones LED",
por Ana Serrano Tires



Premio de Divulgación Científica José María Savirón

El día 28 de mayo, viernes, a las 12.00 de la mañana, en la Sala de Grados de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza va a tener lugar el Acto de entrega del Premio de Divulgación Científica José María Savirón en su quinta edición.

CINCO EDICIONES DEL PREMIO

La Sección Territorial de Aragón de la Real Sociedad Española de Química, la Sección Aragonesa de la Real Sociedad Española de Física, la Real Sociedad Matemática Española, los Colegios Oficiales en Aragón de Físicos, Químicos y Geólogos, la Real Academia de Ciencias de Zaragoza, la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento, la Delegación en Aragón del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, decidieron crear en el año 2005 un Premio de carácter anual a la Divulgación Científica, como reconocimiento a la labor de personas o instituciones que dedican un importante esfuerzo por acercar los conocimientos científicos a la sociedad y promover la Ciencia como parte de la cultura. El premio lleva por nombre el de un eminente científico y maestro excepcional que ha sido catedrático de la Universidad de Zaragoza: José María Savirón.

JOSÉ MARÍA SAVIRÓN

Nació en el seno de una culta familia de gran raigambre universitaria, su abuelo Paulino fue Rector de la Universidad de Zaragoza. Por circunstancias familiares, su nacimiento tuvo lugar en Madrid en un periodo de la historia de España de triste recuerdo. Huérfano de padre a edad temprana tuvo que asumir la responsabilidad de ser el mayor de seis hermanos. Su formación preuniversitaria la realizó en Zaragoza y en su mayor parte en Asturias. Cursó la ca-

rrera de Física Matemática en Zaragoza, donde también hizo la Tesis Doctoral bajo la dirección de otro de los insignes maestros que han pasado por nuestra Facultad, Justiniano Casas. Tras una corta estancia en la Universidad de la Laguna como catedrático, se reincorporó a la de Zaragoza en donde fue profesor durante más de treinta y cinco años.

Su tesis doctoral, simultánea a la de Manuel Quintanilla realizada en Zürich bajo la dirección de Clusius, fueron prácticamente los primeros trabajos españoles sobre la teoría de separación de isótopos por termodifusión y constituyeron el embrión científico que, en seguida, pasó a ser liderado por Savirón. Este fecundo tema de investigación experimental llegó a convertirse en un referente internacional de la especialidad.

Las aportaciones científicas de Savirón no se limitaron exclusivamente al campo de la difusión térmica. Su intuición, su prodigioso "olfato" para detectar el interés científico de los problemas y las pistas para encontrar soluciones siempre imaginativas y originales, su enorme bagaje de conocimientos de Física General, en el estricto sentido de la palabra, y un dominio no menos prodigioso de la herramienta matemática, le permitieron dirigir y desarrollar, con la acostumbrada brillantez, proyectos de investigación de muy diferente naturaleza como, por ejemplo, trabajos de hidrología realizados para la Confederación Hidrográfica del Ebro, trabajos teóricos y experimentales sobre propiedades termodinámicas de hidrocarburos y gases del petróleo licuados y, ya al final, antes de que las fuerzas le abandonaran, estaba completamente concentrado en problemas de termohidráulica del plomo fundido.

Fue Director del Departamento de Física Fundamental de la Facultad de Ciencias y en 1975 recibió el encargo de organizar el Curso Selec-

tivo de la Academia General Militar del que fue su primer Director Coordinador. En 1977, le fue concedida la Gran Cruz de la Orden del Mérito Militar con distintivo blanco de 1ª clase.

Fue Presidente de la ponencia de Física de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica; Presidente del Consejo Asesor para la Investigación del Gobierno de Aragón y, por ello, miembro del Consejo Rector del Instituto Tecnológico de Aragón. También fue Coordinador de la ponencia de Innovación Tecnológica de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos.

En 1991, recibió la Medalla de la Real Sociedad Española. En 1993 fue elegido Presidente de la citada Real Sociedad. El 25 de Mayo de 1992 ingresó en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza. De este acto académico, hay que citar textualmente un párrafo del discurso de contestación que pronunció Justiniano Casas que describe magistralmente su personalidad y que no necesita comentario adicional alguno:

"Si tuviera que caracterizar al Dr. Savirón como persona diría simplemente que era un joven en extremo inteligente. Físicamente, en consonan-

"También tenía otra enorme capacidad: la de saber divulgar. Era capaz de prescindir de la herramienta matemática y explicar la física con las manos."

cia con sus exaltadas actividades deportivas, elástico como una ballesta, y, en paralelo, con una agilidad mental asombrosa, a la vez que absolutamente desordenado en el tiempo y en el espacio. Creo que nunca fue posible contar con él en día, hora y lugar determinado. Nunca supe cuándo comía, trabajaba y descansaba; dónde estaba cuando desaparecía por días del laboratorio sin dejar rastro. Lo único que se podía asegurar es que era un hombre comprometido con su tarea y que a la hora en punto surgía como una aparición con todo el trabajo esmeradamente terminado y derramando torrentes de nuevas ideas".



Premio José María Savirón, I edición (2006).

*Fotografía de la Facultad de Ciencias

Premio de Divulgación Científica José María Savirón

También tenía otra enorme capacidad: la de saber divulgar. Era capaz de prescindir de la herramienta matemática y explicar la física "con las manos", tal como a él le gustaba decir. Dotado además de un gran sentido del humor, estableció con desparpajo analogías entre los sistemas termodinámicos fuera del equilibrio y las asambleas de la clase política. Matizaba, una y otra vez, con una sutileza deliciosa la analogía entre la segunda ley de la Termodinámica y la pugna entre el desorden impuesto en la habitación propia por un muchacho y los requerimientos de orden exigidos por la madre. Pero además, Savirón nunca dudó en adquirir compromisos de diversa índole. Así, fue Decano de la Facultad, Presidente del CONAI y miembro del Consejo Rector del ITA, etc. En su honor, el Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos de la Universidad le dedicó su laboratorio docente.

PREMIADOS

El Premio tiene dos modalidades, una de Ámbito Nacional y otra para la Comunidad Autónoma de Aragón. En las cinco ediciones que se han realizado los premiados han sido los siguientes:

En su primera edición, José Pardina Cancer, Director de la revista "Muy Interesante" y ex aequo, María Pilar Perla Mateo, Coordina-

dora del Suplemento de Ciencia y Tecnología "Tercer Milenio" de Heraldo de Aragón y José María Barceló Espuis, de la Obra Social y Cultural de Ibercaja.

En 2006, al Instituto de Astrofísica de Canarias, representado por Luis Martínez, Jefe del Gabinete y Responsable de Comunicación y Divulgación del IAC y Miguel Carreras Ezquerro, coordinador del Programa Ciencia Viva del Departamento de Educación del Gobierno de Aragón.

En 2007, Pascual Román Polo, Científico y Divulgador, Editor General de la Revista Anales de la Real Sociedad Española de Química y Miguel Ángel Ordovás, Coordinador del suplemento semanal I+DEAR del Periódico de Aragón.

La cuarta edición tuvo como Premiados a, Ramón Núñez Centella, Director del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, representada por su Presidente José María Clúa y por Eladio Liñán, Director del citado Museo. Además, en esta edición, el Jurado decidió otorgar un Premio Especial a J. Alberto Carrión, por su dilatada trayectoria en la divulgación de la Ciencia en la sociedad.

Y en esta V edición de 2010 el Comité Organizador ha estado presidido por Luis Boya y el Jurado, integrado por trece miembros, lo ha sido por Mariano Laguna y como secretario José Fernando Cariñena, han acordado conceder el Premio modalidad "Ámbito Nacional" a Raúl Ibáñez Torres, profesor de la Universidad del País Vasco. En su modalidad "Comunidad Autónoma de Aragón" ha sido declarado desierto.

NUEVO ÁMBITO

¿Cuál es el futuro del Premio? Creo que ya se puede considerar que el Premio está consolidado. Sus cinco ediciones han tenido resonancia y puede decirse que han sido acogidas con interés y simpatía por la Universidad, el Gobierno de Aragón, el Ayuntamiento de Zaragoza y por la sociedad en general y, en particular, por la comunidad científica española. En los momentos actuales en los que las vocaciones científicas escasean, la divulgación de la Ciencia no sólo es importante, es absolutamente necesaria. En este contexto, un próximo reto es extender su ámbito a Iberoamérica. Esta ampliación no es una tarea sencilla pero no es imposible.

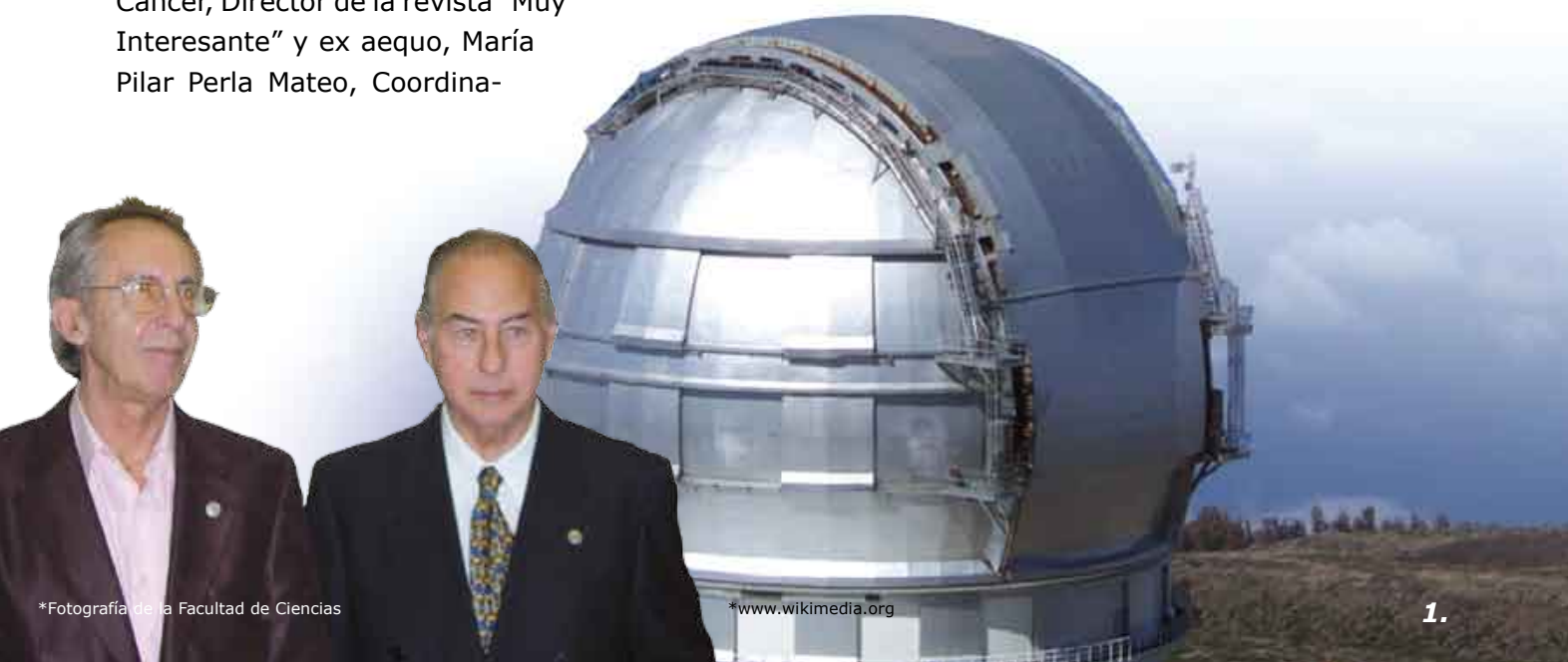
J. Alberto Carrión

Director de la Cátedra José María Savirón de Divulgación Científica
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza

1.- Ganadores de la II edición del Premio JMS.

2.- Acto de entrega de galardones a los premiados de la III edición.

3.- Premiados de la IV edición junto a autoridades académicas.



Convenio para promover el uso de energías renovables

El pasado 8 de febrero se firmó un convenio entre las Consejerías de Medioambiente y de Industria, Comercio y Turismo, del Gobierno de Aragón, y la Universidad de Zaragoza, cuyo objetivo general es el desarrollo de actividades sobre mejora ambiental, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de promoción y divulgación científica, en la Facultad de Ciencias.

Se trata de un proyecto ambicioso que pretende, por un lado, dar estabilidad y continuidad al conjunto de actividades que ya se abordan desde ámbitos variados y, por otro, ser punto de partida para otras acciones. Entre otras actividades, se contempla la realización de un

diagnóstico ambiental de los edificios que conforman la Facultad de Ciencias, y redacción de propuestas de mejora, así como el estudio y diseño de un sistema de aprovechamiento de energías renovables para autoconsumo.

En el acto de la firma del convenio participaron el Consejero de Medioambiente, Alfredo Boné, el Consejero de Industria, Arturo Aliaga, la Vicerrectora de Relaciones Institucionales, Pilar Zaragoza y la Decana de la Facultad de Ciencias, Ana Isabel Elduque.

Se destacó la responsabilidad que hoy en día se tiene del uso adecuado de los recursos de nuestro planeta; de la formación de ciudadanos altamente cualificados como profesionales



y de que la necesaria sensibilización social alcance el nivel requerido para que todas las actividades humanas se lleven a cabo teniendo siempre en cuenta la sostenibilidad y la minimización del impacto ambiental de nuestra actividad. Y esto es algo que se debe comenzar a poner en práctica desde todos los ámbitos.



Dos velitas...

Cumplimos dos años y queremos decirlo con orgullo.

Hace dos años que conCIENCIAS vió la luz. Desde entonces hemos crecido, y no sólo en tamaño sino también en colaboradores. Son varias decenas de ellos que de forma generosa han contribuido con sus artículos y buen hacer al desarrollo de nuestra revista. Esto nos permite abordar temáticas muy diversas y de rabiosa actualidad. Vaya desde aquí nuestro agradecimiento a cuantos han hecho posible que conCIENCIAS se esté consolidando como un referente en el ámbito de la divulgación científica.

Para aquellos que no habéis participado todavía con vuestras aportaciones, animaros a hacerlo. Como decíamos en el número 4 de

conCIENCIAS... "la Ciencia es un espacio para todos, también para ti". No lo dudes más, deja que aflore ese espíritu divulgador que todos los científicos tenemos. Añádele una pizca de literatura y, ¡alehop!, otro colaborador más.

¡¡¡MUCHAS FELICIDADES A TODOS!!!



Divulgación científica: conferencias

La Facultad de Ciencias de Zaragoza organiza como cada año, un ciclo de conferencias en colaboración con la Academia de Ciencias de España, cuyo objetivo es promover la difusión y divulgación de la ciencia.

- **Cita con la Ciencia**, Facultad de Ciencias. Zaragoza, de febrero a mayo de 2010.
<http://ciencias.unizar.es/aux/proyeccion-Social/CartelCitaCiencia10.pdf>



- **Encuentros con la Ciencia**, Ámbito Cultural El Corte Inglés, Zaragoza, de septiembre de 2009 a junio de 2010.
<http://www.ambito cultural.es/ambito cultural/>
- **Clausura del Año Internacional de la Astronomía**, 20 de diciembre de 2009, en el Instituto de Formación Agroambiental de San Blas (Teruel).
<http://ciencias.unizar.es/aux/noticias/JornadaClausura-Fisica.pdf>
- **Ciclo de Conferencias: Seminarios del Departamento de Materia Condensada**, de enero a junio de 2010, Facultad de Ciencias (Zaragoza).
<http://ciencias.unizar.es/aux/noticias/ProgFisMat-Cond09-10.pdf>
- **Conferencia "Viaje a la Antártida, proyecto Skua"**, por Juan R Castillo, Director del Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón de la Universidad de Zaragoza. 10 de marzo de 2010, Sala de Grados, Facultad de Ciencias (Zaragoza).
<http://ciencias.unizar.es/>



- **Ciclo de conferencias del Doctorado en Geología**, de noviembre a mayo del 2010, Facultad de Ciencias (Zaragoza).
<http://ciencias.unizar.es/aux/noticias/PosterDoctorado2009-10.pdf>
- **Ciclo de conferencias del Máster en Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas**. Facultad de Ciencias (Zaragoza).
<http://www.unizar.es/nanomat>
- **Conferencia "Viaje al poder de la mente"**, por Eduard Punset: organizado por el Senatus Científico de la Facultad de Ciencias, la Facultad de Ciencias y la Real Academia de Ciencias de Zaragoza. 27 de abril de 2010, Aula Magna, Facultad de Ciencias (Zaragoza).
<http://ciencias.unizar.es/aux/noticias/cartelPunset2010.pdf>

Actividades orientadas a la Educación Secundaria



- **Jornadas de puertas abiertas**, visitas de Centros de Educación Secundaria a la Facultad (27 visitas. 750 alumnos). Noviembre 2009.
<http://ciencias.unizar.es/aux/ies/programa09.pdf>
- **Visitas de profesores de la Facultad a Centros de Educación Secundaria** (34 centros visitados). De febrero a mayo de 2010.
<http://ciencias.unizar.es/aux/ies/programa09.pdf>
- **Hands on Particle Physics Masterclasses**, Facultad de Ciencias, 18 de febrero de 2010. Actividad organizada por profesores del Departamento de Física Teórica de la Facultad de Ciencias y destinada a alumnos de bachillerato de los distintos centros de la comunidad aragonesa. Durante dos días se realizan una serie de seminarios y actividades relacionados con la física de las partículas para finalizar realizando un test con diversas cuestiones relacionadas con lo trabajado en la jornada. Posteriormente, y por videoconferencia, los resultados se ponen en común con otras universidades nacionales y extranjeras.
<http://dftuz.unizar.es/masterclasses.htm>



- **Olimpiadas Científicas**. La Facultad de Ciencias participa en la organización y desarrollo de las olimpiadas científicas. En particular, en la Facultad se realizan los ejercicios correspondientes a la fase de nuestra comunidad autónoma. Durante el año 2010 se ha colaborado en el desarrollo de:

OLIMPIADA DE BIOLOGÍA: IV edición.
<http://www.olimpiadadebiologia.edu.es/>

OLIMPIADA DE FÍSICA: XXI edición.
http://olimpiada_de_fisica.unizar.es/

OLIMPIADA MATEMÁTICA: XLVI edición.
<http://www.unizar.es/ttm/olimpiada/>

OLIMPIADA DE QUÍMICA: XXIII edición.



- **Taller de talento matemático**. Actividad pensada para alumnos de secundaria aficionados a las matemáticas y que deseen aumentar sus conocimientos y habilidades desarrollando, de forma amena, una serie de talleres. El taller, que tiene lugar a lo largo de todo el curso académico, está organizado por profesores de la Facultad de Ciencias y profesores de enseñanza secundaria y está dirigido a alumnos de tercero y cuarto de ESO y de bachillerato.

<http://ciencias.unizar.es/web/talentoMatematico.do>

Y PRÓXIMAMENTE...

SEMANA DE INMERSIÓN EN CIENCIAS

2 0 1 0



Si eres alumno de Bachillerato...
quieres conocer la Facultad de Ciencias...
y compartir con nuestros profesores e investigadores su trabajo...

¡Apíntate a la Semana de Inmersión en Ciencias 2010!
¡Descubrirás un mundo apasionante!



Del 14 al 18 de junio
Para alumnos de
Bachillerato

Más información en:

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

**FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

C/ Pedro Cerbuna, 12
50009 Zaragoza
976 761294

<http://ciencias.unizar.es/web>





Artículos publicados en conCIENCIAS

Nº 1 conCIENCIAS. Descubre la revista de tu Facultad.

Educación Secundaria. *Equipo editorial* (6)
Olimpiadas. *A. Elduque, R. Peña, S. Palacián y J. P. Martínez* (10)
Estudiantes. *Equipo editorial* (14)
Salidas Profesionales. *Equipo editorial* (18)
Espacio Europeo de Educación Superior. *Equipo editorial* (22)
La biblioteca de la nueva sociedad. *R. Soriano* (24)
Infraestructuras. *Equipo editorial* (26)
Nuevas Tecnologías. *Equipo editorial* (30)
Proyección Social. *Equipo editorial* (32)
Senatus Científico. *A. I. Elduque* (42)
Agua y Vida. *J. Sancho* (44)
Nuestros mayores en la Facultad. *A. Virto y A. Carrión* (50)
Investigación. *Equipo editorial* (52)

Nº 2 conCIENCIAS. El Cosmos, la Tierra, el Hombre y la Vida.

Fósiles del universo primitivo. *M. L. Sarsa y E. García* (6)
Proyecto SSETI. *J. Marín-Yaseli* (14)
2008, Año Internacional del Planeta Tierra. *A. Meléndez* (16)
Día de la Tierra en la Facultad de Ciencias. *J. L. Simón* (26)
Las edades de la Tierra. *E. Liñán, J. A. Gámez y M. E. Dies* (28)
Dinosaurios, meteoritos, cambio climático y extinciones. *J. I. Canudo* (36)
El hombre de Atapuerca del siglo XXI. *G. Cuenca* (42)
¿Qué es la vida?. *R. Usón* (54)
Vida extraterrestre. *L. J. Boya* (56)
Vida y geología. *V. Sánchez Cella* (64)
Impresiones sobre mi vida científica. *R. Núñez-Lagos* (70)

Nº 3 conCIENCIAS. 2009: Darwin, astronomía, crisis y...

Biología del Cáncer. *L. J. Boya* (6)
Origen del oxígeno atmosférico terrestre. *V. Sánchez Cella* (16)
Darwinismo: la evolución selectiva. *J. Amaré* (22)
Curiosidades sobre Darwin. *M. L. Peleato* (32)
2009: Año Internacional de la Astronomía. *A. Virto* (38)
Planetas y exoplanetas I. *A. Elípe* (46)
Continente con contenido. *A. I. Elduque* (54)
El Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza. *E. Liñán* (58)
¿Está la Ciencia en crisis?. *J. Sesma* (66)

¿Crisis en matemáticas?. *J. Garay* (70)
Premio Don Bosco. *M. Rubio* (76)
Premio J.M. Savirón de Divulgación Científica. *J. A. Carrión* (84)

Nº 4 conCIENCIAS. La Ciencia: un espacio para todos.

El aceite de oliva, un reto para los científicos. *J. de la Osada* (6)
La renovación del paisaje. *F. García Novo* (12)
La magia de las astropartículas. *C. Cuesta, C. Pobes, y M. L. Sarsa* (28)
Planetas y exoplanetas II. *A. Elípe* (32)
El Universo desde Javalambre. *M. Moles* (38)
Mi despacho. *P. Echenique* (56)
Matemáticas, ¿puras o aplicadas?. **El caso de la geometría proyectiva.** *F. Etayo* (62)
Vigencia y actualidad de la Teoría de la Evolución. *J. A. de Azcárraga* (74)
¡Arde la Facultad!. *A. Álvarez* (96)
La nueva Ley de Ciencia y Tecnología. *A. I. Elduque* (102)
Espacio Europeo de Educación Superior. *E. Artal* (114)

Nº 5 conCIENCIAS. Crisis. ¿Qué crisis? La Ciencia ante el nuevo milenio.

Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad de gran valor. *J. del Valle* (6)
2010: Año Internacional de la Biodiversidad. *J. P. Martínez Rica* (16)
Geometría de la ciudad. *J. M. Sorando* (30)
El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva. *J. M. Vicente* (40)
¿Error o incertidumbre?. *R. Núñez-Lagos* (54)
Biología olímpica. *R. Peña* (68)
Formación para el empleo y encuentro con la empresa. *M. L. Sarsa* (78)
El reto que viene: sociedad, ciencia y periodismo. *M. A. Sabadell* (84)
Historia de unos libros viajados. *A. I. Elduque* (94)
El LHC llega a Zaragoza. *A. Virto* (98)



Colaboradores de conCIENCIAS

Apellido, nombre, volumen de la revista y página:

Aldea, Concepción 4 (120), 5 (118)
Álvarez, Ana 4 (96)
Amaré, Julio 3 (22)
Angurel, Luis A. 4 (125)
Artal, Enrique 4 (114)
Azcárraga de, José Adolfo 4 (74)
Bauluz, Blanca 4 (124)
Boya, Luis J. 2 (56), 3 (6)
Candeal, Juan Carlos 4 (134)
Canudo, José Ignacio 2 (36)
Carrión, J. Alberto 1 (50), 3 (84), 5 (122)
Cuenca, Gloria 2 (42)
Cuesta, Clara 4 (28)
Díes, María Eugenia 2 (28)
Echenique, Pablo 4 (56)
Eduque, Alberto 1 (10)
Elduque, Ana Isabel 1 (42), 3 (54), 4 (102), 5 (94)
Elipe, Antonio 3 (46), 4 (32)
Etayo, Fernando 4 (62)
Gámez, José Antonio 2 (28)
Garay, José 3 (70)
García Novo, Francisco 4 (12)
García, Eduardo 2 (6)
Ibarra, Manuel Ricardo 4 (128)
Liñán, Eladio 2 (28), 3 (58)
Marín-Yaseli, Julia 2 (14)
Martínez, Juan Pablo 1 (13)
Martínez Rica, Juan Pablo 5 (16)
Matache, Simona G. 4 (123)
Meléndez, Alfonso 2 (16)
Moles, Mariano 4 (38)
Montijano, Juan Ignacio 4 (132)
Moya, Raquel 4 (123)
Núñez-Lagos, Rafael 2 (70), 5 (54)
Osada de la, Jesús 4 (6)



Palacián, Susana 1 (12)
Peleato, María Luisa 3 (32)
Peña, Rubén 1 (11), 5 (68)
Perales, Carlota 4 (123)
Pobes, Carlos 4 (28)
Puyod, Carmina 5 (110)
Rubio, Mario 3 (76)
Sabadell, Miguel Ángel 5 (84)
Sánchez Cella, Vicente 2 (64), 3 (16)
Sancho, Javier 1 (44)
Sarsa, Maria Luisa 2 (6), 4 (28), 5 (78)
Sesma, Javier 3 (66)
Simón, José Luis 2 (26)
Sorando, José María 5 (30)
Soriano, Roberto 1 (24)
Teresa de, José María 4 (128)
Usón, Rafael 2 (54)
Valle del, Javier 5 (6)
Vicente, José Manuel 5 (40)
Virto, Alberto 1 (50), 3 (38), 5 (98)



¡Tu conCIENCIAS.digital con un “clic”!

<http://ciencias.unizar.es/aux/conCIENCIAS/numero1.pdf>



<http://ciencias.unizar.es/aux/conCIENCIAS/numero2.pdf>



<http://ciencias.unizar.es/aux/conCIENCIAS/numero3.pdf>



<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero4.do>



<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero5.do>



¡Descárgala gratis!

<http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIAS.do>



PATROCINAN:

