conCIENCIAS.digital
Revista de divulgación científica de la Facultad de Ciencias de Zaragoza

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero12.do Nº 12 NOVIEMBRE 2013

ÉRASE UNA VEZ LA CIENCIA

con CIENCIAS digital
Revista de divulgación científica de la Facultad de Ciencias de Zaragoza

Nº 12 NOVIEMBRE 2013

Redacción

DIRECCIÓN:

- Ana Isabel Elduque Palomo

SUBDIRECCIÓN:

- Concepción Aldea Chagoyen

DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN:

- Víctor Sola Martínez

COMISIÓN DE PUBLICACIÓN:

- Luis Alberto Anel Bernal
- Jesús Anzano Lacarte
- Enrique Manuel Artal Bartolo
- Ángel Francés Román
- Cristina García Yebra
- Luis Teodoro Oriol Langa
- María Luisa Sarsa Sarsa
- María Antonia Zapata Abad

Edita

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

e-mail: web.ciencias@unizar.es

IMPRESIÓN: GAMBÓN Gráfico, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

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

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.

Portada: fotograma de la película *Alicia en el País de las Maravillas* (http://www.klownsasesinos.com).

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

Sumario

Editorial 2

Matemáticas y Música 4
José Garay

La Ciencia vista por un hombre de letras 14
José Luis de Arce

Los comienzos de la era nuclear 30
Rafael Núñez-Lagos

Einstein en Zaragoza 46
Javier Turrión

Entendiendo la Estadística: modelos, controversias e interpretaciones 60
José A. Cristóbal y Pilar Olave

¿Hay alguien ahí afuera? 76
Ana Isabel Elduque

Leiden: lecciones de Ciencia y Universidad 96
Fernando Bartolomé

La Matemática desde Zaragoza 106
Santos González

Noticias y actividades 116

ENTENDIENDO LA ESTADÍSTICA: MODELOS, CONTROVERSIAS E INTERPRETACIONES

"En Dios confiamos, todos los demás traigan datos."

W. E. Deming

POR JOSÉ A. CRISTÓBAL Y PILAR OLAVE

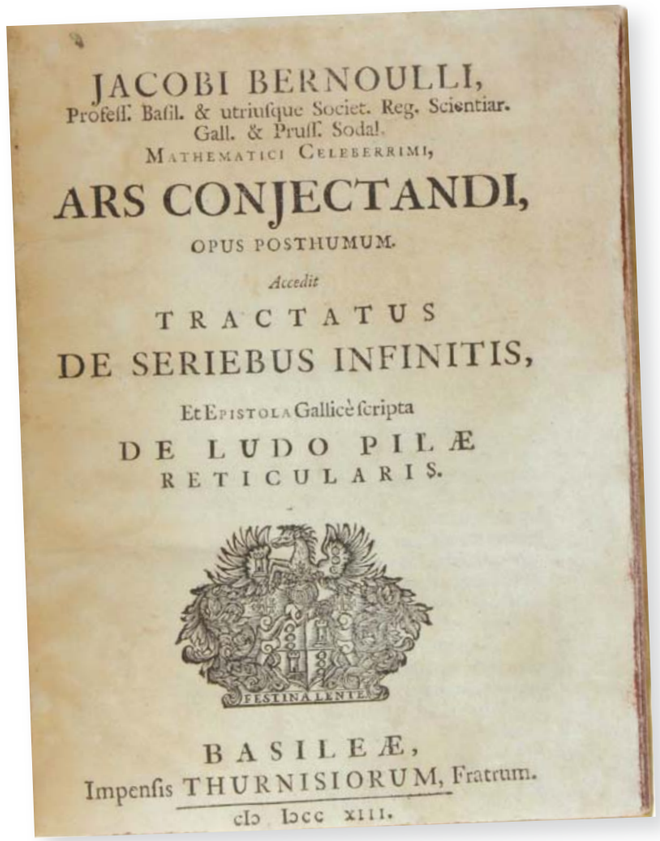
Fotomontaje a partir de http://marketingyconsumo.com, http://www.sustainableguernsey.info y diseño personal.

Entendiendo la Estadística: modelos, controversias e interpretaciones

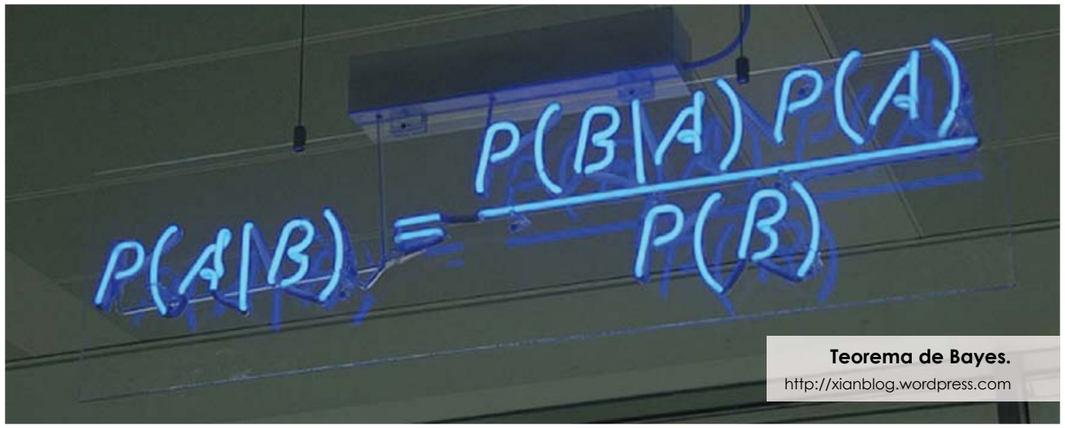
Este año 2013 celebramos el *Año Internacional de la Estadística*, coincidiendo con algunos importantes aniversarios, como la conmemoración de los 300 años de la publicación de "*Ars Conjectandi*" tratado pionero en el Cálculo de Probabilidades, y los 250 años de la publicación del *Teorema de Bayes*, un sencillo resultado analítico cuyas consecuencias en la creación de una corriente filosófica en la Estadística, con tanto auge como ha alcanzado en la actualidad, no podía ni imaginar su autor.

Con este hecho se pretende la aceptación, por parte del gran público, de un reconocimiento a la contribución que ha realizado la Estadística en el avance social y científico a lo largo de la Historia. Para ello, se han coordinado un elevado número de organizaciones de más de 100 países (entre ellas la Sociedad Española de Estadística e Investigación Operativa, distintas Universidades como la de Zaragoza, Oficinas de Administración Pública tales como el Instituto Nacional de Estadística o Instituto Aragonés de Estadística, medios de comunicación, etc.) con el fin de aumentar la conciencia ciudadana sobre la potencia e implicaciones de la Estadística en distintos aspectos de la sociedad, promocionar entre la juventud la oportunidad de dedicarse a la Estadística como una profesión, así como promover un incremento en la Investigación, Desarrollo e Innovación relacionadas con la Estadística.

En particular, se ha creado una página web: "www.statistics2013.org", en la que se detallan las actividades semanales realizadas en todo el mundo para conseguir los anteriores objetivos, y se incluyen enlaces a los distintos foros de discusión de cualquier tema relacionado con ellos. Por su parte, el Departamento de Métodos Estadísticos de nuestra Universidad de Zaragoza ha diseñado otra página web: "estadistica2013.unizar.es" con la misma finalidad, poniendo un especial énfasis en los acontecimientos que tienen lugar en España, y ha puesto en marcha una serie interactiva de "desafíos estadísticos" que aparecen en el suplemento Tercer Milenio del diario "Heraldo de Aragón", así como en el blog de ciencia de dicho periódico. Además, se ha difundido un vídeo promo-


JACOBI BERNOULLI,
Profess. Basil. & utriusque Societ. Reg. Scientiar.
Gall. & Pruss. Sodal.
MATHEMATICI CELEBERRIMI,
ARS CONJECTANDI,
OPUS POSTHUMUM.
Accedit
TRACTATUS
DE SERIEBUS INFINITIS,
Et EPISTOLA Gallicè scripta
DE LUDO PILÆ
RETICULARIS.
FESTINA LENTE
BASILEÆ,
Impensis THURNISIORUM, Fratrum.
clɔ Iɔcc xiii.

"Ars Conjectandi", 1713.
http://www.vialibri.net



Teorema de Bayes.
http://xianblog.wordpress.com

cional de la Estadística y su importancia en la consecución del estado de bienestar de la humanidad (dada la relevancia de la utilización de datos estadísticos en la toma de decisiones de los Agentes Sociales), el cual puede reproducirse en YouTube y, si se desea, con subtítulos en español.

En este contexto, hemos considerado esta revista de la Facultad de Ciencias un foro adecuado para difundir las actividades anteriormente citadas, así como desarrollar unas breves ideas sobre cómo se puede adaptar un modelo a una situación aleatoria y la interpretación de los resultados que se deducen de él. Además, incluimos algunas de las más célebres controversias sobre esas interpretaciones, que pueden servir como aliciente al lector para seguir buscando otras más complejas, afianzando a la vez un modo de pensar llamado *razonamiento estadístico*.

MODELOS ESTADÍSTICOS

Todo el mundo acepta la necesidad de plantear modelos abstractos para simplificar situaciones físicas complicadas, y permitir extraer algunas conclusiones que de otro modo sería mucho más complejo o incluso inviable. Así, cuando deseamos saber cómo se comporta el movimiento de los astros en el espacio, asociamos a esta situación un modelo matemático basado en una cierta definición de fuerzas y un conjunto de simplificaciones físicas que, mediante la resolución de unos sistemas de ecuaciones nos permite predecir, por ejemplo, dónde estará un determinado astro en un instante fijo.

Cuando se trata de situaciones que llevan asociada una cierta carga de incertidumbre, esto es, donde intervienen variables cuyos valores dependen de la ocurrencia o no de algún fenómeno de naturaleza aleatoria, también podemos incorporar otro tipo de modelos -denominados *estocásticos*- que permiten analizar cómo se comporta la incertidumbre de esos fenómenos aleatorios.

Imaginemos que deseamos establecer la relación entre el consumo privado y la renta disponible por familia en España en un determinado periodo de tiempo. Podemos crear un modelo que ligue ambas variables aleatorias (habría que incorporar también las demás variables que pueden estar relacionadas con ambas, así como la especificación de cómo se reparte la carga de incertidumbre sobre ellas, lo que se conoce como su distribución

Entendiendo la Estadística: modelos, controversias e interpretaciones

de probabilidad conjunta) para predecir, por ejemplo, el valor medio del consumo privado familiar cuando la renta queda dentro de un intervalo determinado. O bien, en diseños de Política Macroeconómica, cuando queremos saber el impacto sobre la inflación en la zona Euro de un incremento del tipo de interés nominal (en el que el Banco Central Europeo sí puede intervenir), se hace necesario plantear un modelo y estimar los parámetros asociados, cuyos valores permiten interpretar la relevancia del control del BCE en las expectativas de inflación.

Para que tales modelos sean útiles, se deben contrastar los resultados que se derivan de ellos con sus análogos en la realidad observable, y de esto se ocupa la rama de la Estadística conocida con el nombre de *Inferencia Estadística*. La manera de realizarlo (denominado *contraste* o *test de hipótesis*) consiste en comparar dichos resultados teóricos con las correspondientes medidas empíricas (observadas) en una cierta muestra obtenida aleatoriamente a partir de la población que se estudia. Por lo tanto, el lenguaje en el que se basa la Estadística tiene que venir dado forzosamente en términos de probabilidades.

Naturalmente, aunque el modelo sea completamente fiel, se observarán diferencias distintas de cero entre ambos valores, teóricos y empíricos, debido a su naturaleza aleatoria. La Estadística se ocupa de utilizar los valores de la muestra para aceptar o rechazar el modelo propuesto o, en su caso, realizar estimaciones sobre algún parámetro u otra característica que falte por conocer en el modelo. De este modo, mientras en el Cálculo de Probabilidades, para un modelo estocástico fijado, el objetivo es ¿qué se puede decir sobre los resultados?, en la Inferencia Estadística se parte de un conjunto de resultados y el problema es ¿qué se puede decir sobre el modelo probabilístico?

Hay situaciones en las que los modelos se pueden ir modificando para mejorar su ajuste, pero como el objetivo de construir un modelo es el de entender con mayor facilidad el fenómeno (aleatorio) que genera los datos observados, no necesita estar completo ni establecer de modo exacto todas las relaciones. Es famosa la cita del estadístico y matemático G. E. P. Box, fallecido este mismo año: "*Todos los modelos son incorrectos. Pero algunos son útiles*".

Se pueden modelizar (recientemente, en un avance de la 23ª edición del Diccionario de la Real Academia Española se permite utilizar este término -en lugar de modelar- en la acepción de construir un esquema teórico) situaciones tan variadas y numerosas como el flujo de tráfico en una red de autopistas, la relación entre índices financieros y ciertas variables económicas, el control de una red de conexiones telefónicas, la mutación de genes a lo largo de varias generaciones, las ventas de los artículos producidos por una empresa en diversos segmentos de población, la duración del tiempo de desempleo en un país y su relación con ciertas variables socio-económicas, el control de calidad de un cierto proceso de producción…

SIMULACIÓN DE MODELOS: UNA HERRAMIENTA IMPRESCINDIBLE

Desde que poseemos una gran capacidad computacional debido al explosivo desarrollo de la tecnología informática, disponemos de una técnica para simular la ocurrencia de fenómenos aleatorios mediante un procedimiento basado en la extracción de "muestras *artificiales*", generadas con el ordenador a partir de las distribuciones de probabilidad del modelo. Estas muestras se llaman también *pseudo-aleatorias* porque en realidad están construidas mediante algoritmos deterministas (en principio basados en generadores congruenciales, aunque posteriormente se vienen utilizando otros mucho más sofisticados), pero sus valores tienen frecuencias compatibles con las distribuciones de probabilidad del modelo. Para un lector no familiarizado con estas técnicas puede resultar paradójico que se utilicen herramientas no aleatorias para obtener unos datos que puedan considerarse resultado de un proceso aleatorio. Sin embargo, hay que tener en cuenta que es necesario realizar previamente un cuidadoso análisis matemático para poder aceptar, con una elevada confianza, que un algoritmo dado genere números que sean suficientemente "aleatorios" para ser útiles en el análisis del fenómeno aleatorio de interés. Es conocida la frase de R. R. Coveyou: "*La generación de números aleatorios es demasiado importante como para dejarlo al azar*".

Ahora bien, hay que destacar una diferencia fundamental entre el modelo para una situación real y el modelo simulado. Habitualmente, de una situación aleatoria podemos extraer muestras una sola vez. Así, cuando observamos una muestra de 500 individuos de una cierta ciudad para observar en ellos la renta obtenida en el

"Todo el mundo acepta la necesidad de plantear modelos abstractos para simplificar situaciones físicas complicadas y permitir extraer algunas conclusiones que, de otro modo, sería mucho más complejo o incluso inviable."

http://elrincondepablospok.blogspot.com.es

año anterior, es usual que no podamos repetir la experimentación. Pero cuando simulamos el modelo, podemos extraer tantas muestras de tamaño 500 como deseemos repitiendo el proceso de simulación. Esto hace que si, por ejemplo, nos interesa el valor medio de la muestra, en el caso de la situación real solo tenemos un valor de este indicador y nada podemos decir de la variabilidad de dicho indicador (recordemos que es aleatorio porque se ha obtenido mediante un procedimiento aleatorio). Sin embargo, el modelo simulado lo podemos repetir por ejemplo 1.000 veces (el cómputo electrónico es realmente barato y rápido), y estos valores nos dan información sobre la variabilidad del indicador que, en definitiva, son los utilizados para calibrar su utilidad y precisión.

ALGUNAS CONTROVERSIAS EN ESTADÍSTICA

Errores en la intuición sobre las regularidades en grandes muestras

La Estadística se basa en realizar mediciones de una característica sobre una muestra para hacer inferencias de los valores de esa característica en toda la población. Pero la intuición sobre el efecto del tamaño de la muestra presenta muchas veces ciertas dificultades en las personas que no son expertas en Estadística. Un ejemplo de este hecho es el conocido problema propuesto por D. Kahneman y A. Tversky a un amplio grupo de personas:

En una ciudad hay dos hospitales de distinto tamaño. En el mayor de ellos nace una media de 50 bebés al día mientras que en el menor la media es de 15. Podemos aceptar que, aproximadamente, la mitad de los bebés que nacen son niños y la otra mitad niñas. Se elige un determinado día al azar y se observa que el 60% de los bebés nacidos en uno de los hospitales son niños. ¿En qué hospital es más probable que haya ocurrido este hecho?

“La intuición sobre el efecto del tamaño de la muestra presenta muchas veces ciertas dificultades en las personas que no son expertas en Estadística.”

Los autores citados publicaron en 1972 un tratado con los resultados de su experimento: muchos sujetos contestaban que, puesto que las dos variables aleatorias que miden el sexo de los nacidos en cada hospital son iguales, es igual de verosímil que los datos provengan de cualquiera de los dos hospitales. Pero otras personas se dieron cuenta de que, al aproximar la probabilidad de un resultado tras una repetición finita de veces por lo que sucedería en el caso límite, la aproximación será mejor, en general, cuanto mayor sea el número de repeticiones. De este modo, cuanto mayor sea el tamaño del hospital, el porcentaje de niños varones debe acercarse más al valor de la probabilidad de que un neonato sea varón. Así que la respuesta a la anterior pregunta es que los datos provienen más probablemente del hospital pequeño puesto que, al haber un número menor de repeticiones, es de esperar una mayor variabilidad del porcentaje de niños respecto del valor ideal del 50%.

En general estos investigadores encontraron que los individuos tienden a sobrevalorar la velocidad de convergencia expuesta en las *leyes de los grandes números* (aproximación de las frecuencias a la probabilidad). De este modo, cuando se lanza una moneda 8 veces y sale cara en tan solo 2 de ellas, muchas personas tienden a pensar que es casi imposible que la moneda esté equilibrada, cuando

http://www.maderoeventos.com

la probabilidad de obtener 2 caras en 8 lanzamientos de una moneda legal es del 11% y, por lo tanto, no es tan pequeña.

Errores en la interpretación de una probabilidad condicionada

Dada la creciente aplicación de la Probabilidad en los diversos campos de la vida cotidiana, debe ponerse atención para no cometer errores de interpretación que se dan con cierta frecuencia al tratar probabilidades condicionadas. Los genetistas forenses resaltan entre otras la llamada “falacia del fiscal” (o falacia del defensor, según su objetivo).

Tomemos en particular un caso publicado en el diario “*El Pais*” en 2003 sobre el resultado del análisis del ADN en restos hallados en el cuerpo de S. Carabantes, en el que se afirmaba que la probabilidad de que pertenecieran a la misma persona que dejó sus restos genéticos junto a otro cadáver era de 99.999997%, por lo que parece lógico aceptar que se trata de la misma persona. Pero al parecer, la probabilidad anterior había sido calculada como la complementaria de P(A/G) = 0.000003, o probabilidad del suceso de que, fijado un cierto ADN (suceso G), una persona de la población tomada al azar (suceso A) lo tenga. Sin embargo, se interpretaba como la probabilidad p = P(G/A) de que, dada una persona cogida al azar en la población, tuviese ese ADN observado. Este valor podría ser muy diferente del anterior, según fuera la probabilidad no condicionada, la cual es necesaria conocer para calcular p utilizando el conocido teorema de Bayes.

Este error al confundir la probabilidad de ser inocente condicionado a una evidencia con la de obtener una evidencia en un individuo inocente es lo que se conoce, en términos generales, como la falacia del fiscal, y hay casos en la literatura forense en los que ha sido motivo de anulación de una primera sentencia. Quizá el primer ejemplo conocido sea el de "*El pueblo contra Collins*", correspondiente a un caso de asalto a una mujer en Los Ángeles en 1964, en los que la evidencia estaba basada en características físicas del sospechoso y su vehículo. Otro caso muy nombrado es el de una mujer, S. Clark, que tuvo un hijo que murió antes de cumplir el año, informando que se debía a una muerte súbita; pero un segundo hijo también murió en edad temprana por la misma causa, y la madre fue acusada de asfixiar a ambos, utilizándose como prueba una probabilidad errónea del tipo arriba citado. Tras una revisión del caso tres años más tarde fue declarada inocente. Otros muchos casos con historias similares se detallan, por ejemplo,en la página web "www.historiasdelaciencia.com" y en los enlaces que allí aparecen.

Why I think
Sally Clark
is innocent
claimed by the prosecution. Indeed, according to the Foundation For The Study of Infant Deaths at least one family per year in Britain loses a second child to sudden infant death syndrome.
"There is no doubt that many people interpreted the 73 million to one figure as being the odds against Sally Clark being innocent.
fidential Enquiry Into Still Births and
was carried out from 1960 to 1996. A
children were born in five regions of
those 323 were cot deaths. Of those,
cot deaths in the same family.
Solicitor John Batt , speaking
Clark's family said: "We are mo
fessor's interest in the case."

Esta misma falacia, en la que se confunde una probabilidad condicionada con la probabilidad condicionada traspuesta se da no solo en el área jurídica. Por ejemplo, en Medicina se presenta este mismo fenómeno cuando se sustituye el suceso ser inocente con el de poseer una determinada enfermedad y el de encontrar una evidencia con la obtención de un positivo en un test de hipótesis para detectarla. En esta situación, la probabilidad condicionada se convierte en la probabilidad de *falso positivo* (en la actualidad ha aparecido frecuentemente en los medios de comunicación el caso del elevado número de falsos positivos que se presenta en la detección de tumores en las pruebas de mamografía).

EL MUESTREO, CLAVE EN LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Cuando se realiza un muestreo aleatorio hay que distinguir el caso más sencillo en el cual los individuos se incorporan a la muestra todos ellos con la misma probabilidad, en cuyo caso se denomina *muestreo simple* o equiprobable, y aquél en donde las probabilidades de inclusión de los individuos en la muestra son diferentes, en cuyo caso se obtiene lo que se denomina un *muestreo sesgado*. Por ello, las distribuciones de probabilidad de un mismo indicador estadístico, construido a partir de una muestra sesgada y otra que no lo es, ya no son iguales. Y aunque ambos son igualmente útiles si se toma en cada caso la distribución que le corresponde, debemos tener cuidado para no actuar erróneamente desarrollando los cálculos como si la muestra fuera simple cuando en realidad está sesgada, pues hay situaciones donde el sesgo está "escondido".

La controversia del caso Sally Clark en un periódico de la época.

http://www.neoteo.com

Veamos el siguiente caso descrito por G. P. Patil (1984). En 1966 se realizó una encuesta en los hoteles de Marruecos para estimar la duración media de la estancia de los turistas extranjeros en el país, que resultó ser de 17,8 días. Pero también se hizo otra encuesta con el mismo objetivo contactando con los turistas a su salida del país, y resultó ser de 9,0 días, prácticamente la mitad de la anterior estimación. Estas cifras tan dispares, en realidad no suponen ninguna contradicción, pues están midiendo variables diferentes. En el primer caso los turistas encuestados forman una muestra sesgada, ya que al ser los instantes de visita a los hoteles aleatorios, los turistas que más frecuentemente encontraban los encuestadores eran aquellos cuya estancia era más larga, y por ello las personas que tenían estancias más largas eran recogidos en la muestra con mayor probabilidad. Sin embargo, en el segundo caso la muestra era simple.

El tipo de sesgo tratado en el ejemplo anterior se denomina *sesgo por longitud*, y supone que la probabilidad de inclusión en la muestra es proporcional al valor de la variable que se observa. Ha sido estudiado en la literatura especializada en las áreas de tipo tecnológico, por su vinculación a problemas estadísticos asociados a ciertos procesos que analizan la ocurrencia de una serie de sucesos, y los tiempos en que tienen lugar. Cox analizó un conocido problema en referencia a la longitud de unas fibras textiles (ver por ejemplo J. L. Ojeda y otros, (2011) con respecto a una breve exposición de situaciones en diversas áreas). Pero también tienen una importancia destacada en otros problemas económico-sociales, asociados a tiempos de duración, como puede

http://www.eldebate.com.ar

ser el estudio del tiempo de desempleo de una población, dentro del ámbito de los mercados laborales.

En efecto, si en un determinado instante de tiempo elegido al azar contactamos con una Oficina de Empleo y extraemos una muestra de los individuos que en ese momento están desempleados, tal muestra está también sesgada por longitud, pues aquéllas personas que tienen duraciones de desempleo más largas son incluidas en la muestra con mayor probabilidad. Además, si solo podemos medir el tiempo desde que el individuo comenzó a estar desempleado hasta el momento del muestreo, nues-

tras observaciones no son completas (no miden toda la duración del intervalo de desempleo) y constituyen lo que se denomina unos datos "*censurados*", que requieren un tratamiento estadístico especial.

La problemática asociada a los datos sesgados por longitud está relacionada con la "paradoja del tiempo de espera" descrita por W. Feller (1971): un observador en una parada de autobús puede registrar el tiempo que transcurre entre la llegada de dos autobuses consecutivos y estimar la media de esa distribución. Otro observador accede a la parada en un instante aleatorio (uniforme) en el periodo entre dos llegadas consecutivas de autobús y mide el tiempo que tiene que esperar hasta que llegue el primero de ellos. Pues bien, el tiempo medio que estime este último no tiene por qué ser la mitad del estimado por el primer observador, como pudiera parecer en un principio. Lo que ocurre es que el segundo observador mide datos sesgados, porque cuanto mayor es un intervalo entre llegadas, hay más probabilidad de que el observador llegue en ese intervalo.

Todo ello nos da una idea, tal como ya hemos dicho, de las dificultades que para interpretar bien los datos pueden tener profesionales de muy distintas áreas si no son expertos en realizar análisis estadísticos, como pueden ser juristas, periodistas y otras personas encargadas de transmitir y difundir información.

Por otra parte, ya hemos hecho alusión anteriormente al hecho de que usualmente tan solo se posee una muestra para realizar el análisis estadístico, y lo importante que sería poder disponer de un cierto número de ellas para poder hacer averiguaciones, no solo de la variabilidad de los indicadores que analicemos, sino en general de cómo está distribuida toda su probabilidad.

http://www.zoomnews.es

http://nadandoenunmardedatos.blogspot.com.es

B. Efron (1979) introdujo un nuevo método con este fin (aunque las ideas genéricas ya se habían establecido con anterioridad) que estaba basado en obtener sucesivas "*remuestras*" a partir de la muestra observada, mediante un muestreo independiente con reemplazamiento de la misma. Por lo tanto, queda justificado que, de la misma forma que se ha obtenido la muestra original, podrían haberse observado cualquiera de las remuestras: existe la misma relación entre la distribución del modelo original y la distribución de la muestra, que entre la distribución de la muestra y cualquiera de las remuestras.

Podemos pensar en un símil con tres muñecas rusas metidas cada una dentro de la anterior. Si solo podemos levantar la primera muñeca, tenemos toda la información sobre la primera y segunda muñecas, pero no sobre la tercera. Ahora bien, si nos fijamos en una característica cualquiera (como por ejemplo la distancia entre los ojos de las muñecas) y suponemos una relación igual para esta característica entre cada par consecutivo, de los datos de las dos primeras podremos inferir el valor de la característica en la tercera.

A este método de remuestreo lo bautizó Efron con el nombre de "*bootstrap*", haciendo mención así a su carácter de autosuficiencia (se emplea una misma herramienta para una función más general que aquélla para la que se ha concebido, sin utilizar ningún apoyo exter-

no). En realidad, *bootstrap* es el término en inglés que representa las correas del calzado, y el origen de tal nombre para este método de remuestreo proviene del relato de las *Aventuras del barón de Münchhausen*, quien logra sacarse a sí mismo (*autosuficiente*) de una laguna a la que había caído tirando solamente de las correas de sus botas (*bootstrap*). Este personaje literario (basado en el auténtico barón, que vivió en el siglo XVIII) fue creado por R. E. Raspe, y se caracteriza por las hazañas extravagantes de las que fue protagonista (el lector interesado en ellas puede ver enlaces, por ejemplo, en la página web de Wikipedia).

"Todo ello nos da una idea de las dificultades que para interpretar bien los datos pueden tener profesionales de muy distintas áreas si no son expertos en realizar análisis estadísticos."

Las ideas teóricas subyacentes en esta nueva filosofía inferencial son sencillas, pero requieren repetir, repetir… procedimientos computacionales sobre datos similares, por lo que son llamados métodos estadísticos computacionalmente intensivos. El número de remuestras necesario para estimar ciertas características de la distribución del indicador estadístico puede ser enormemente elevado, pero el desarrollo reciente del cálculo computacional ha dado a la Estadística una nueva perspectiva y ha permitido desarrollar técnicas como el *bootstrap* para sustituir un tratamiento teórico, con la ventaja además de que supone, en un gran número de casos, una mejor aproximación a la solución. En P. Olave, (2000) puede verse una introducción a este método de remuestreo y aplicaciones a algunos problemas relevantes en Economía, como por ejemplo la evolución de la población en las comarcas de Aragón, o en Economía Financiera para el cálculo de intervalos de predicción de la prima de riesgo en mercados de renta variable.

http://ftmeade.armylive.dodlive.mil

http://pointlessprettythings.blogspot.com.es

Finalmente, solo nos queda destacar una última reflexión en este Año Internacional de la Estadística. La interpretación correcta de ciertas aseveraciones estadísticas sobre los datos no es, como se ha visto, fácil en muchos contextos, y requiere de una lectura reposada e incluso de la ayuda de expertos para evitar consecuencias erróneas.

José A. Cristóbal

Miembro del Senatus Científico
Dpto. de Métodos Estadísticos
Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza

Pilar Olave

Dpto. de Estructura e Historia Económica y Economía Pública
Facultad de Economía y Empresa
Universidad de Zaragoza

BIBLIOGRAFÍA

Box G. E. P. (1979), "Robustness in the Strategy of Scientific Model Building" in Robustness in Statistics: Proceedings of a Workshop (ed. by RL Launer and GN Wilkinson).

Coveyou R. R. (1998). En "The Jungles of Randomness: A Mathematical Safari" (I. Peterson), Wiley, pp. 178.

Efron B. (1979), "Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife". Ann. Statist. Vol 7, Num 1, 1-26.

Feller W. (1971), "An introduction to probability theory and its applications", Vol 2.Wiley.

Kahneman D. y Tversky A. (1974), "Judgment under uncertainty: Heuristics and biases" Science, 185, 1124-1131.

Ojeda J. L., Cristóbal J. A. y Alcalá J. T. (2011), "Biased data and its Analysis", BEIO, 27 (2), 91-101.

Olave P. (2000), "La Estadística Actual. El método Bootstrap", Cuadernos Económicos Escuela y Despensa, 10. Facultad de Economía y Empresa. Zaragoza.

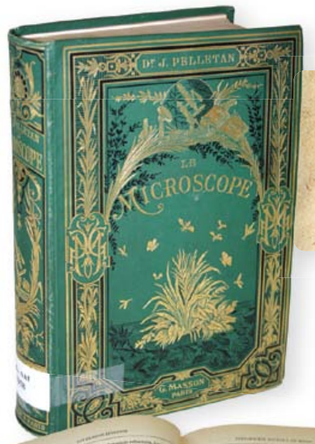
Patil G. P. (1984), "Studies in statistical ecology involving weighted distributions. Statistics: Applications and New Directions", Indian Stat. Inst.,Calcutta, 478–503.

Los TESOROS de la FACULTAD

Fondos del antiguo Museo de Biología

INSTRUMENTA: colección de instrumentos de laboratorio

BOTÁNICA: Murales Antiguos



Fondos bibliográficos de la Facultad de Ciencias

Colección García de Galdeano

Fondos del Museo Paleontológico

¿HAY ALGUIEN AHÍ AFUERA?

POR ANA ISABEL ELDUQUE

"La ausencia de divulgación solo nos lleva a un país más inculto y a una preocupante falta de capacidad innovadora."

***Cloud Gate*, Chicago (EEUU).**
Fotografía cedida por la autora.

¿Hay alguien ahí afuera?

La tarea de la divulgación científica en España se viene desarrollando de forma continuada desde hace muchos años. Las acciones y los medios en esta actividad son variadísimos. Las personas involucradas de la más diversa índole. Y los recursos empleados, aunque muy escasos, de diversos orígenes. Si preguntáramos a todos aquellos que han participado de una u otra manera en divulgación, y lo siguen haciendo, la gran mayoría tienen muy claro qué pretenden lograr. Incluso, los hay que han conseguido que este trabajo sea su medio de vida, no muy ostentoso y con grandes carencias, pero lo han convertido en su manera cotidiana de lo que comúnmente llamamos ganarse el pan. Pero también creo que si indagáramos un poco más, a todos ellos les queda un poso de amargura de ver que la divulgación cultural, en general, y la científica, en particular, solo puede tildarse en España como un rotundo fracaso.

Y no es para vanagloriarse de ello. La ausencia de divulgación solo nos lleva a un país más inculto, carne de cañón para demagogias de cualquier tipo, y a una preocupante falta de capacidad innovadora que, lo estamos viendo ahora, se traduce en una falta de competitividad, se mida como se mida. Una sociedad sin dinamismo, como podemos comprobar que es ahora nuestro país, tiene mucho que ver con la falta de formación transversal del colectivo que la forma. La inteligencia relacional, tan valorada por los teóricos del *management* empresarial para los altos directivos, también debe tener un aspecto social, en su sentido contrapuesto a individual.

Pero reconocido el hecho en sí de la poca trascendencia social de la labor divulgadora, no pretendo que estas líneas se llenen de las desastrosas consecuencias que el analfabetismo científico funcional tiene para todos. Quiero indicar aquí varias circunstancias que, a mi entender, llevan, casi de forma inexorable, a que la divulgación científica no adquiera una mayor preponderancia dentro de los campos científico y formativo en nuestra sociedad. Y he dicho que expondría circunstancias, y no razones o causas, porque quiero alejarme de cualquier discusión sobre la causalidad de las mismas. Muchas veces, cuando una causa y un efecto se repiten de forma sistemática, al final se pierde el sentido de la jerarquización y la discusión de quién precede a quién, o qué causa qué, es absolutamente estéril e inútil para corregir la situación. No pretendo, pues, entrar en ningún debate de qué es anterior, si el huevo o la gallina. Hay veces que el nudo ya no se puede desatar y se precisa alguien con determinación que lo corte. Y no nombro al personaje histórico para evitar que nadie me tache de pretenciosa.

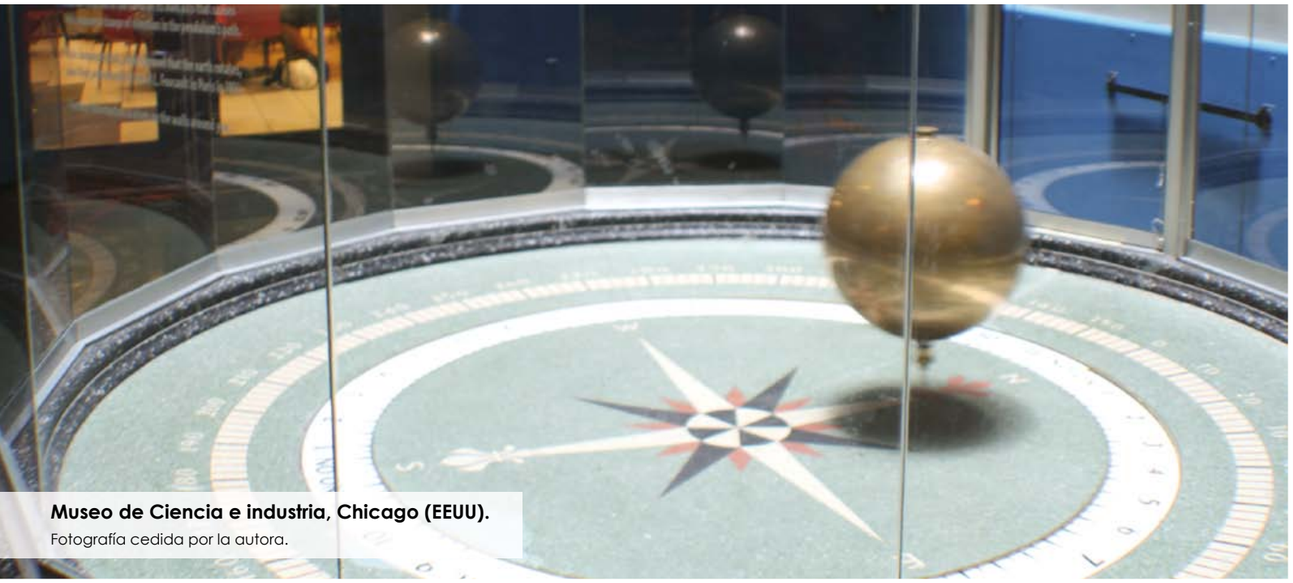
Campamento Científico 2011.
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

Estos hechos, causas, razones, circunstancias, o como quiera denominarlos el lector, los he agrupado en cuatro tipos, en función de dónde considero que se encuentra su principal factor. Esto también sería discutible, pero a estas alturas de artículo, ya no me voy a excusar más sobre su propia estructura.

Los cuatro grandes grupos que identifico son los siguientes. En primer lugar, la propia comunidad científica. El segundo grupo queda englobado en lo que podemos llamar el mundo de los medios. En tercer lugar, las administraciones públicas juegan un destacado papel, quedando como cuarto y último el heterogéneo e inacabable papel general que juegan los hábitos sociales.

Exposición *DARWINISMO: la evolución selectiva*.
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

Fotografías de la Facultad de Ciencias.



Museo de Ciencia e industria, Chicago (EEUU).
Fotografía cedida por la autora.

“La divulgación no pretende obtener resultados novedosos que asombren a los especialistas. Y esta es la crítica más común que se escucha cuando los profesionales de la Ciencia asisten a actividades divulgativas.”

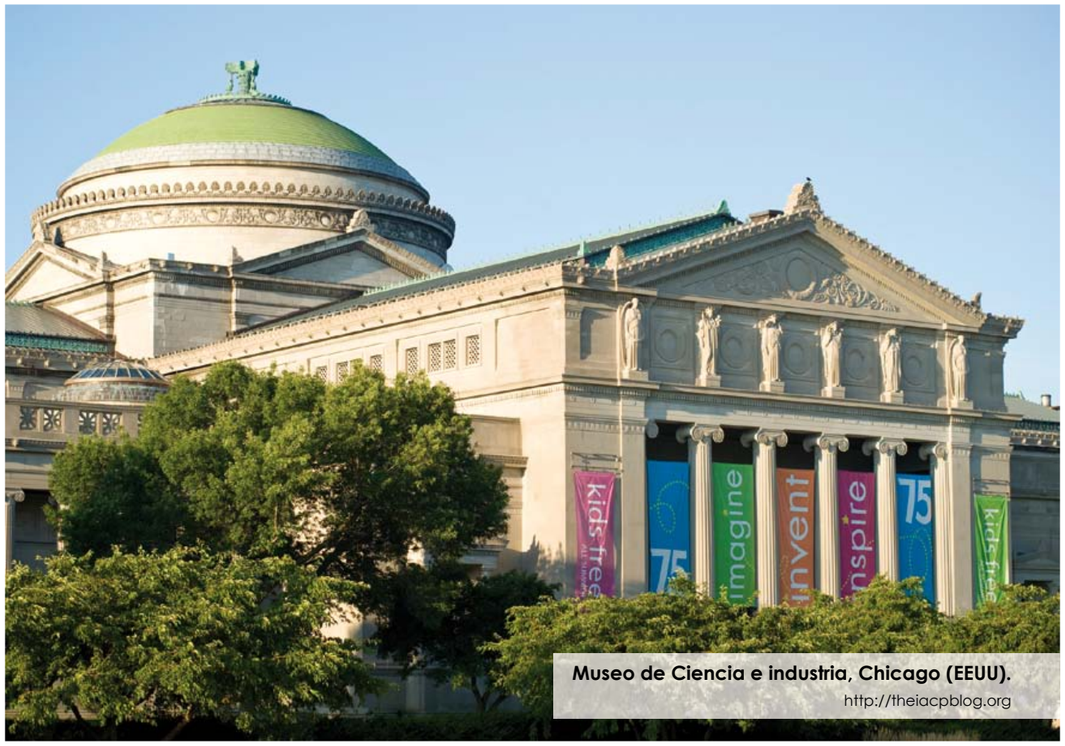
EL PAPEL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

En primer lugar quiero dejar claro que lo que denomino comunidad científica tiene un sentido más amplio que lo que podemos entender exclusivamente como aquel conjunto de personas cuya dedicación profesional mayoritaria es al mundo de la investigación científica. Incluyo aquí también a muchos docentes, de varios niveles educativos, cuya labor profesional es fundamentalmente la docencia del saber científico.

Aunque alguien pueda escandalizarse por lo anterior, dado que entiendo que la divulgación tiene una faceta formativa, yo sí que vería escandaloso excluir a los docentes de Ciencia de este grupo. Muchos de ellos son los protagonistas de la labor divulgativa, simultaneándola con las tareas docentes. Explican su conocimiento a sus alumnos y divulgan su saber en base, con mucha frecuencia, a la experiencia adquirida durante su tarea profesional.

El mundo científico, especialmente en las últimas décadas en España, ha caminado de forma exclusiva en la senda de la profundización y especialización absoluta. No sé si se debe a un deseo de superación del complejo de inferioridad histórico de la Ciencia española frente a la de los países de nuestro entorno, o a cualquier otra causa, pero lo cierto es que los campos de investigación se han encaminado inexorablemente a trabajos límite, es decir, llenos de originalidad y, muchas veces, muy marginales. La utilidad, entendiendo que la generación de conocimiento básico general es una utilidad tan meritoria como la tecnológica, no ha estado en el punto de mira de los proyectos presentados. Y si esta búsqueda de utilidad no ha sido nunca objetivo básico, la divulgación del conocimiento obtenido no ha alcanzado ni el estatus de objetivo. La investigación en España no pretende, al menos así ha sido hasta ahora, mostrar los logros obtenidos de la forma comprensible por el público en general y con la pretensión adicional de convertirse en acicate para futuros científicos. Todo ha estado enmarcado dentro de los ambientes puristas y excluyentes de la investigación más selecta. Todos los grupos pretenden alcanzar la calificación de excelencia. Me atrevo a afirmar que, dentro de la comunidad científica española, la divulgación no está considerada como una tarea más. Es vista como un divertimento que algunos científicos llevan a cabo en sus ratos libres.

También hay que señalar que las tareas divulgadoras llevadas a cabo por los más voluntaristas no tienen ningún reconocimiento profesional por el resto de los colegas. La impartición de actividades divulgativas, culturales en general, es vista como muy secundaria. No aporta reconocimiento ni autoridad profesional a las personas que la practican y está sujeta a crítica permanente. Si un joven investigador dedica parte de su tiempo principal a la tarea divulgadora, es frecuente que sea apercibido por parte de su investigador principal. Si un docente pretende buscar posibilidades a sus alumnos para que participen en estas acciones, aunque solo sea como asistentes, se va a encontrar una fuerte oposición desde el centro, pasando por el res-



Museo de Ciencia e industria, Chicago (EEUU).
http://theiacpblog.org

to de colegas, ya que se considera que estas actividades no son dignas de suficiente importancia como para que se "pierdan" clases.

Este, digámoslo sin ambages, desprecio de la divulgación por parte de un colectivo importante de los científicos parte, a mi entender, de un sentido aristocrático de la Ciencia. Los comunicadores científicos siempre hablan de que la comunicación científica está jerarquizada, es decir, no establece una comunicación sino que es unidireccional. Una vez que la información científica está contrastada, su extensión no se hace en términos de propuesta para su debate. La divulgación no tiene estas características. Es una expresión más libre, partiendo de que el lenguaje usado, en su aspecto discursivo, tiene poco que ver con la comunicación científica profesional y se acerca más a un género literario. Pero la divulgación no pretende

***Times Square* (arriba) y Museo de Historia de la Ciencia (abajo). Nueva York (EEUU).**

Fotografías cedidas por la autora.

Museo de Historia de la Ciencia, Nueva York (EEUU).

ARRIBA: www.startle.com

ABAJO: fotografía cedida por la autora.

obtener resultados novedosos que asombren a los especialistas. Y esta es la crítica más común que se escucha cuando, digamos, los profesionales de la Ciencia asisten a actividades divulgativas. Echan de menos la gran novedad, el reto descubierto, la conjetura demostrada. ¡Eso no es nunca el objetivo de la divulgación! Es demasiado frecuente escuchar a los expertos sentencias que afirman, sin ningún tipo de pudor, que en el fondo el conferenciante no ha dicho nada, aunque el conjunto de público, lego obviamente, haya quedado encantado con el acto y afirme sin ninguna vergüenza que nunca habían pensado que tal tema tuviera ninguna importancia. El *sanedrín* científico correspondiente es suficiente para valorar y juzgar el acto. El resto del público solo forma parte del *atrezzo*.

¿Por qué puede adquirirse esta actitud tan negativa? Digo adquirirse porque no tengo ninguna duda de que este comportamiento no es innato. El conjunto de iniciados una vez fueron niños, y se sorprendieron y maravillaron cuando vieron en su infancia las pocas actividades divulgativas que existían entonces. Fue después cuando dejaron de hacerlo. Para responder a la pregunta que he dejado en el aire, la mejor respuesta que encuentro es que, como toda actividad, la divulgación precisa de formación e instrucción del divulgador. ¿Quién ha recibido una sola sesión formativa sobre divulgación cuando estaba realizando su tesis doctoral? ¿A cuántos actos, destinados al público en general, asistió? Como casi siempre, tememos lo que desconocemos. Y, si el trabajo supone exposición pública, este temor se acrecienta. Pero la divulgación no tiene que ser solo una actividad en la que haya que exhibirse. La generación de la temática a exponer, sus consecuencias y relaciones y otras muchas más cosas pueden hacerse en la intimidad de un despacho. Es el comunicador, que no es forzosamente el científico, quién debe convertirlo en algo atractivo. Pero para esto, también hace falta instrucción.

“Si, a edades tempranas, los alumnos pueden ver, sentir, tocar, participar en acciones de divulgación, será mucho más fácil que su interés como pupilos aumente cuando reciban la formación reglada.”

Semana de Inmersión en Ciencias 2011.
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

Campamento Científico 2011.
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.
Fotografías de la Facultad de Ciencias.

EL PAPEL DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

En el campo de la divulgación cultural de un país, las Administraciones Públicas son un catalizador fundamental. Y no solo porque muchos de los recursos necesarios procedan del erario público. La educación, a todos sus niveles, se convirtió en una tarea de los gobiernos desde los albores de la Edad Contemporánea, allá por los tiempos de la Revolución Francesa. Y la divulgación científica es, no se olvide, una forma de educación y formación social.

En España, la mayoría de las ciudades se autoproclaman “ciudad de congresos”. En todos los niveles de la Administración española hay organismos dedicados a las tareas divulgadoras. Los presupuestos, aunque muy restringidos últimamente, no han faltado. Determinadas organizaciones privadas han gozado de apoyo público para estas tareas. Pero, casi siempre y por una regla que desconozco, la gran mayoría de las acciones han ido destinadas a actos que solo pueden ser clasificados como eventos aislados, caracterizados más por su pompa y puesta en escena que por su profundidad intelectual. Y, sobre todo, con escasa o nula idea de continuidad. El acto así contemplado se agota en sí mismo. Y en divulgación, esto se convierte en todo un conjunto de acciones inconexas que no permiten vislumbrar ningún objetivo. El público asiste a los actos con un espíritu festivo, en aras de la búsqueda de divertimento. Nadie pretende nada más que entretener. Pero eso no es suficiente para lograr que el conocimiento científico se instale en el acervo social. Vale tanto una actividad seria y continuada que un breve espacio dedicado a ello en un programa de televisión en *prime time*, cuyo único objetivo es aumentar la audiencia a través de la espectacularidad. Muchas acciones apoyadas por

El Rector de la Universidad de Zaragoza y la Decana de la Facultad de Ciencias, en la inauguración del Campus Iberus 2011.
Fotografía de la Facultad de Ciencias.

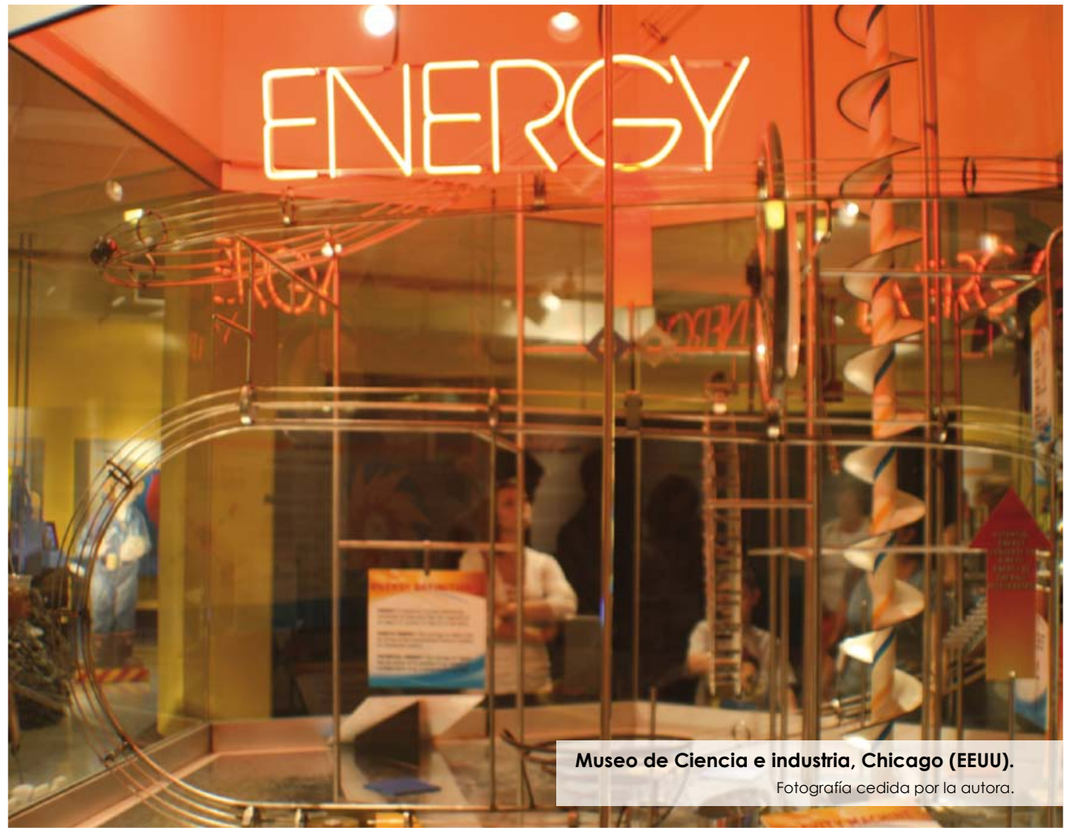
la administración tienen más carácter circense que profesional. Y los dedicados al tema lo saben, tocan esta tecla de sensibilidad mediática de los rectores de lo público y ahondan en la misma senda. Pero como en el caso de la falta de formación en técnicas divulgadoras de los investigadores, para todo hay que saber, y no es la formación lo que más caracteriza a muchos de los instalados en los puestos de la Administración dedicados al fomento de las tareas divulgadoras. Me temo que, aunque de forma mucho más modesta, nos quedan muchos años todavía de fuegos artificiales.

Un segundo aspecto que atañe de lleno a las Administraciones Públicas, en este caso las de Educación, es la valoración profesional tan sesgada que se hace de los logros de los científicos. Los hechos divulgativos son apenas valorados,

"Divulgación científica no es periodismo científico."

y me considero generosa diciendo apenas. Cualquier baremo, sea a nivel que sea, relega la labor divulgativa realizada a capítulos marginales, que bien podrían ser clasificados como actividades folclórico-festivas. La dedicación a la divulgación, dentro del desarrollo profesional del investigador, debe ser escondida como un hecho vergonzante para la persona. Pero detrás de todo esto hay una realidad más demoledora si cabe. Desde hace muchos años, en España, los grandes diseñadores de las políticas científicas, sea cual sea el grandilocuente nombre que se le haya pretendido, o sus colaboradores más cercanos, son personas procedentes de las mayores instituciones científicas del país (léase universidades, CSIC,…) Es decir, en el fondo, es la propia comunidad científica la que minusvalora estas actividades, aunque en este caso en forma de gobiernos, agencias de calificación o tribunales de oposición.

Todos aquellos que pertenecemos al mundo científico y que tenemos hijos en edades formativas podemos apreciar que la impartición de las asignaturas científicas en las primeras edades no está siendo realizada de una manera fructífera. Vemos que los mismos errores pedagógicos que nosotros sufrimos se mantienen hoy en día, apenas disfrazados en libros de texto de apariencia mucho más agradable. Pero la transversalidad y el sentido relacional de las disciplinas científicas permanecen ausentes. Un gran aporte que la divulgación puede hacer es ayudar a superar este hecho. La divulgación tiene que captar el interés del público, tiene que hacerle pensar sobre lo que está recibiendo como información y su propia experiencia personal. Y este público es variado. Es estéril pretender que una actividad divulgadora esté destinada a una audiencia de un perfil muy determinado. Por definición, el público es variado. Por lo tanto, las tareas divulgadoras deben esforzarse en presentar puntos de interés diferentes. Si, a edades tempranas, los alumnos pueden ver, sentir, tocar, participar en acciones de divulgación, será mucho más fácil que su interés como pupilos aumente cuando reciban la formación reglada, siempre más ardua. El resto de los ciudadanos, que hace tiempo que abandonaron su etapa educativa, también se verán atraídos por estas actividades, pero no si se pretende que aprendan conocimientos es-



Museo de Ciencia e industria, Chicago (EEUU).
Fotografía cedida por la autora.

pecíficos o sean simplemente plataformas donde el conferenciante muestra su gran erudición a un público ignorante.

Dentro de este apartado sobre la incorrecta aplicación de la divulgación dentro del mundo docente, quiero señalar que la convocatoria permanente de un número ingente de actos no ayuda a la difusión del conocimiento. Es demasiado frecuente la sobresaturación de actividades. E, incluso lo que es peor, la mezcla sin criterio de actividades puramente especializadas con otras de carácter generalista y divulgador. La falta de formación divulgadora de los promotores se traduce, en este caso, en un una mezcolanza de actos de difícil traducción para el potencial interesado. Al final, este tipo de políticas llevan a una desconfianza por parte del público hacia este tipo de actividades, que se traduce en pérdida de interés e inasistencia a los actos.

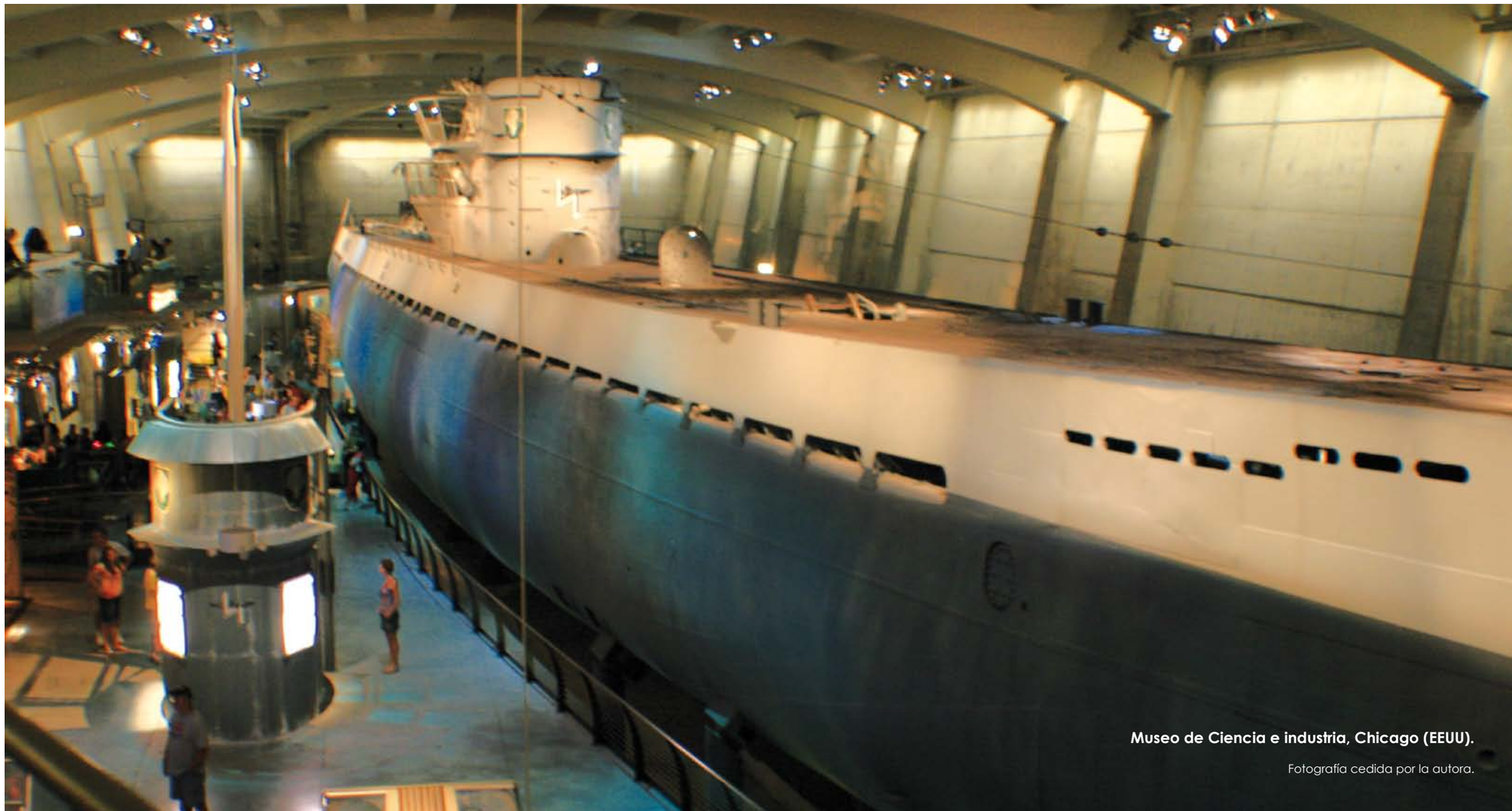
EL PAPEL DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Los medios de comunicación son esenciales y determinantes en la divulgación científica. En todos los países, y también en el nuestro afortunadamente, existen medios cuya dedicación a la divulgación es muy importante. Y, en algunos casos, exitosa desde un punto de vista empresarial, a pesar de que este hecho supone para los mismos el desprecio por parte del sector más purista del mundo científico, al considerar que de ninguna manera pertenecen a su élite. Aunque hay que decir que estos medios nunca han pretendido aquello de lo que son acusados, por lo que no son ellos los encargados de corregir el error de apreciación.

Pero al igual que hay que reconocer el papel crucial de los medios, también hay que señalar la gran tendencia que presentan, deliberada o no, a mezclar, si no confundir, periodismo científico y divulgación. La divulgación puede ser atractiva si el divulgador maneja con destreza las formas y los modos, pero no impactante como una noticia. La divulgación es formativa, pero no debe usarse como fuente informativa. El periodismo, y el científico es una parte de él, debe seguir unas reglas para que la información llegue clara al público, pueda señalarse aquello que es más interesante de la noticia, que sirve como criterio de lectura o de rechazo para el lector, debe poder resumirse en un titular interesante, puede tener algún añadido a modo explicativo, etc… Pero la divulgación no debe seguir este patrón. Su discurso es más, por qué no decirlo, novelado. Debe ser un discurso en el que el público se vaya sumergiendo y cree el interés por continuar haciéndolo. Existe mucha literatura sobre el papel del periodismo científico y la divulgación, por lo que no ahondaré más en esta cuestión. Pero sí es importante decir que la exclusión de los científicos del mundo divulgativo, dejándolo exclusivamente en manos de los comunicadores, presenta el riesgo de que el mensaje transmitido quede ensombrecido, y distorsionado, por el efectismo del que hacen gala muchos comunicadores, más preocupados de la forma que del fondo real. La participación de los científicos, generadores y compiladores del saber, conocedores del objetivo pretendido, es crucial e imprescindible. Divulgación científica no es periodismo científico.

Y ello sin que se generen conflictos gratuitos y nada edificantes sobre cuestiones de intrusismo dentro del mundo de la comunicación. Las nuevas tecnologías y las redes

“En esta sociedad que estamos creando, se aprecia un exceso de interés por todo aquello que sea inmediato, pero muy escaso o nulo por el resto.”



Museo de Ciencia e industria, Chicago (EEUU).

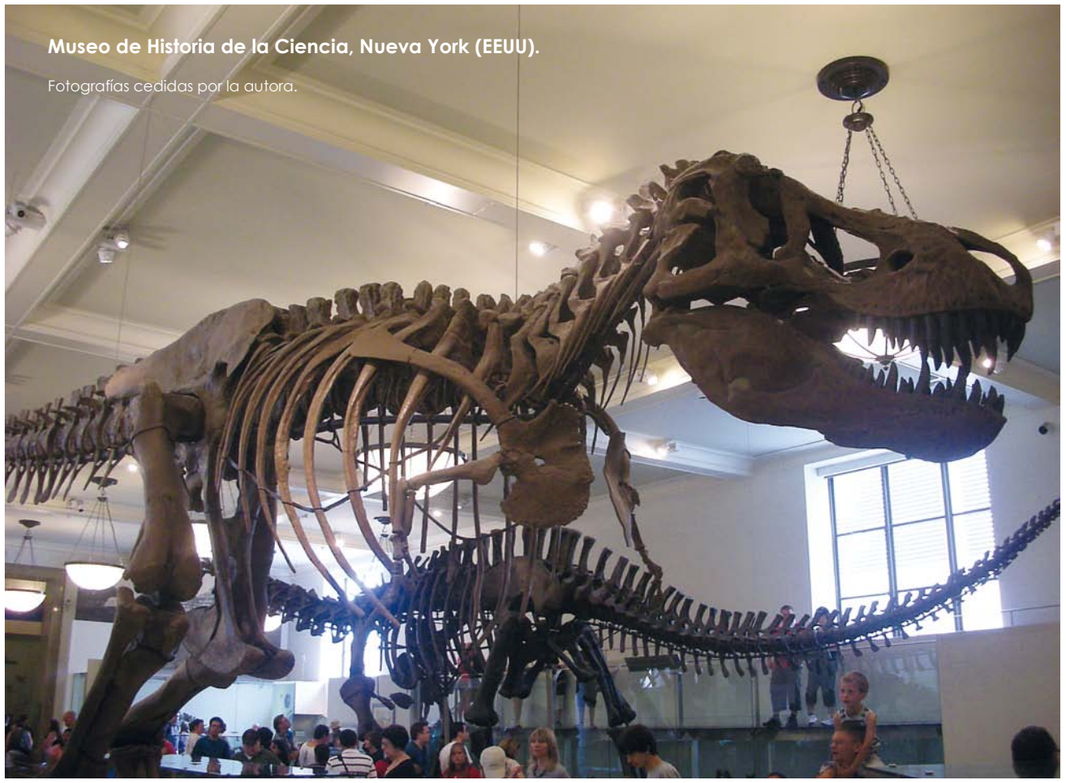
Fotografía cedida por la autora.

sociales nos están enseñando que la comunicación es mucho más amplia y variada que la derivada de una teoría de la comunicación particular. Si bien es recomendable que los medios tengan una estructura homogénea que facilite su lectura y comprensión, descalificar aquellas herramientas que sean heterodoxas con respecto al modelo anterior es pretencioso y estéril.

Una de las características que más denotan la ausencia de la implicación de científicos en las tareas divulgativas es la superabundancia de temas y cuestiones que podemos calificar de moda. Los temas presentes en muchas acciones divulgativas suelen estar relacionados con noticias o hechos ocurridos en la sociedad. Apenas hay presencia de actividades de carácter general. Por ejemplo, en los últimos años, pero desaparecido de forma súbita, el Bosón de Higgs ha entrado en nuestros hogares a través de múltiples canales. Tras unos meses en la primera plana de las actividades divulgadoras, ya nadie lo recuerda. Pero sigue sin haber actividades de difusión científica que muestren la importancia de la Física Cuántica, que es el marco donde se engloba la importancia del descubrimiento de la última partícula del Modelo Estándar. Y tras la concesión del Nobel a los descubridores del grafeno, ha ocurrido algo similar con las innumerables, pero todavía desconocidas por todos, aplicaciones de este material. Me temo que ahora es el *fracking* el candidato número uno para sustituir a los anteriores. La divulgación no puede estar en manos de los vaivenes de lo que es mediático. Eso no es ni periodismo científico. Simplemente es sensacionalismo.

Museo de Ciencia e industria, Chicago (EEUU).

Y junto a lo anterior, hay que añadir que la forma le está ganando la batalla al fondo. Que el continente vale más que el contenido. Si los medios empleados no son los de última generación, la tarea divulgativa queda minusvalorada. Blogs, videoblogs, redes sociales, etc… son más protagonistas que lo dicho en ellas. Hay convocatorias públicas en las que "el uso de nuevas tecnologías" tiene una valoración sobre el contenido. Parece que caminamos hacia una sociedad de medios de comunicación excluyentes entre sí, y no complementarios. La existencia de nuevas formas de comunicación supone trabas difíciles de superar para las personas no familiarizadas con ellas. Es un poco triste reconocerlo, pero en cualquier charla o conferencia donde el divulgador no


Museo de Historia de la Ciencia, Nueva York (EEUU).

Fotografías cedidas por la autora.

demuestre un dominio absoluto de la tecnología usada, siempre surgen comentarios sarcásticos. La ausencia de estos nuevos medios siempre es justificada por parte del conferenciante. Y ello no denota su ignorancia. Solo la miopía de los receptores a la hora de evaluar lo que es realmente valioso. Quien centra su acción divulgadora en el medio, más que en el contenido, solo demuestra que es esto último lo que desconoce.

EL PAPEL DE LA SOCIEDAD

El cuarto factor que influye en el éxito de la labor divulgadora es el conjunto de la sociedad. Receptora de la misma, pero también debe ser quien exija su existencia.

En primer lugar quiero señalar una diferencia fundamental que existe entre España y otros países desarrollados en cuestiones de divulgación científica. En nuestro país, la ausencia de un patronazgo privado, es decir, social, para estos temas es desoladora. Muy pocas organizaciones prestan atención, y recursos, para estas actividades. En esto, desgraciadamente, todavía *Spain is different*. De

"Si los medios empleados no son los de última generación, la tarea divulgativa queda minusvalorada."

forma muy mayoritaria todo queda en manos de los recursos públicos. Y ya hemos visto que no son los más eficientes en la asignación y en el mantenimiento de políticas a largo plazo. El patronazgo en España no está resuelto y la divulgación científica es otra más de las víctimas de esta carencia. Pero en este aspecto entran en juego cuestiones económicas y fiscales de alto calado, por lo que solo señalaré la cuestión sin incidir más en la misma.

Sí hay dos aspectos importantes que quiero indicar y que pertenecen más a la esfera de lo sociológico. En esta sociedad que estamos creando, se aprecia un exceso de interés por todo aquello que sea inmediato, pero muy escaso o nulo por el resto. Parece que solo se puede hablar, debatir, reflexionar sobre lo ocurrido ayer, pero no lo del mes pasado. Tanto es así que hemos olvidado nuestra propia Historia, con mayúscula, y debemos recurrir a escritores de novela histórica para que, con mayor o menor fortuna según los casos, nos cuenten de forma novelada hechos que, en muchos casos, estudiamos en nuestros años de Bachillerato. Vivimos en la dictadura del *trending topic*. ¿Podemos pensar que la divulgación pueda entrar a formar parte de las temáticas comentadas de forma impulsiva en las redes sociales? Es evidente que no. Si no somos capaces de interesar a muchas capas sociales por adquirir conocimiento de forma más sosegada y reflexiva, la batalla está perdida. Pareceremos personajes *orwellianos* a los que el Gran Hermano "mantenía" permanentemente "informados" a través de un medio perfectamente controlado y supervisado.

Junto a esta falta de criterio para buscar la temática de interés de forma personal, sin que ningún medio nos diga cuál, hay que señalar la falta de seguimiento de cualquier acción que se da en nuestra sociedad. Todo aquello que precisa una continuidad, que no finaliza en un breve espacio de tiempo, sufre un hándicap que hace que sea superado por otras cuestiones mucho más baladís fácilmente digeribles. Los periodistas saben bien que es difícil publicar artículos que tengan continuidad a lo largo de varios días. Su impacto es claramente menor, aunque su contenido sea de gran relevancia. Pero si, aunque sea inconscientemente, agravamos esta tendencia, el proceso continuará su espiral descendente. Hay que esforzarse para que la continuidad de las acciones no suponga un enorme esfuerzo para los elementos de la comunicación. Y, en esto, las nuevas tecnologías pueden ser un aliado, pero también un peligroso enemigo si su uso es claramente inadecuado.

CONCLUSIONES

La divulgación científica en España no pasa por buenos momentos. Quizá nunca los tuvo, pero ahora sí se han dedicado recursos y existen medios que hacen que los logros, en relación a los medios usados, sean muy escasos.

Esfuerzos se están haciendo. Muchos centros incluyen actividades divulgadoras. Puede ser que no estén todo lo bien orientadas que debieran, pero cierta voluntad se intuye. Los presupuestos públicos a tal efecto se reducen pero, según afirman sus gestores, por la inexistencia de fondos, no porque la actividad divulgadora se considere prescindible. Acciones divulgadoras se imparten con asiduidad, incluso de forma muy numerosa en determinados momentos. Pero ello también es síntoma de desconexión y de falta de definición política.

"Muchos centros incluyen actividades divulgadoras. Puede ser que no estén todo lo bien orientadas que debieran, pero cierta voluntad se intuye."

Mientras la comunidad científica no interiorice la divulgación como algo propio. Mientras que los investigadores no reconozcan las grandes y trascendentes diferencias existentes entre investigación y divulgación, dando a cada cual su mérito y valor. Mientras las autoridades no vean que la divulgación no puede ser objeto ni de grandes exposiciones ni de parte del programa de las fiestas patronales. Mientras las autoridades educativas no vean a la divulgación científica como uno de los mejores aliados para la alfabetización funcional de alumnos y ciudadanos. Mientras los medios vean en la divulgación solo una forma de publicar noticias ajenas a la política y el deporte, y dejen de tratarla de forma similar. Mientras todo esto no ocurra, es muy difícil que la divulgación científica deje de ser una actividad que debería estar como una más dentro del mundo del voluntariado.

Pero… ¿hay alguien ahí afuera?

Ana Isabel Elduque

Decana de la Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza

Museo de Ciencia e industria, Chicago (EEUU).

Fotografía cedida por la autora.

Publicaciones de la Facultad de Ciencias...

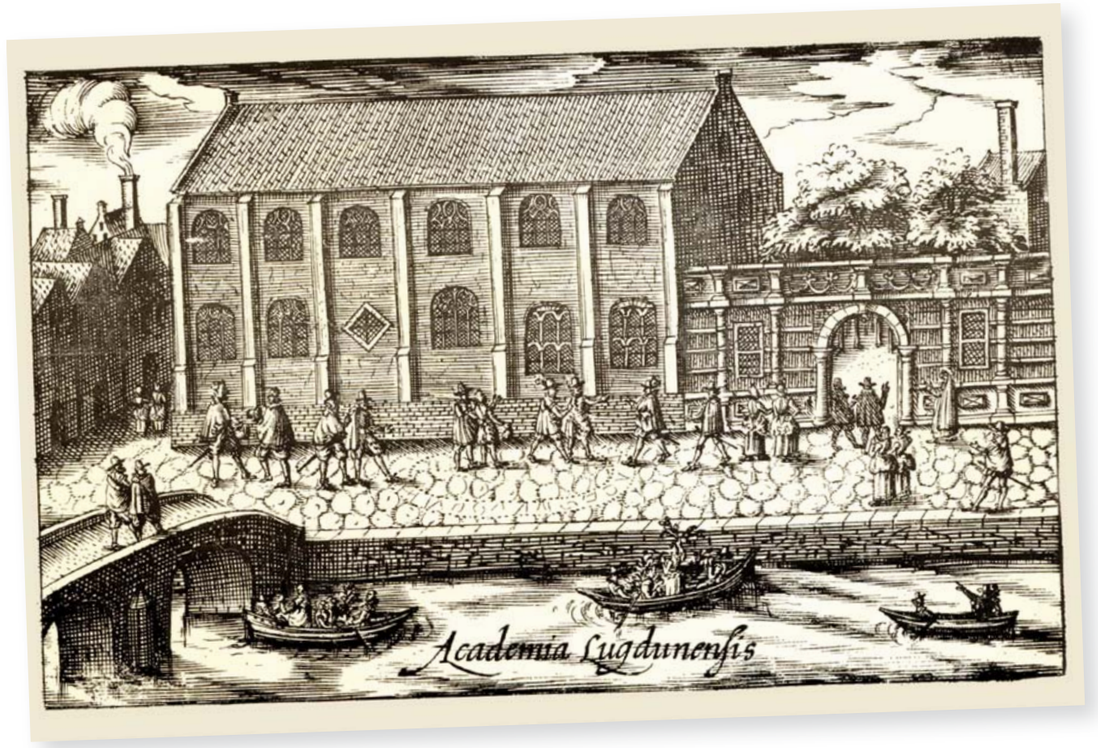
LEIDEN:
LECCIONES DE CIENCIA Y UNIVERSIDAD

POR FERNANDO BARTOLOMÉ

"La Universidad empieza a dar frutos inmediatamente; no solo preparando licenciados, sino como motor de innovación en la sociedad holandesa."

Edificio Paraninfo (*Academiegebouw*). Universidad de Leiden, Países Bajos.
Fotografía cedida por el autor.

Leiden: lecciones de Ciencia y Universidad



Universidad de Leiden (Grabado del siglo XVII).

Copyright (c) 2013 Groundspeak, Inc.

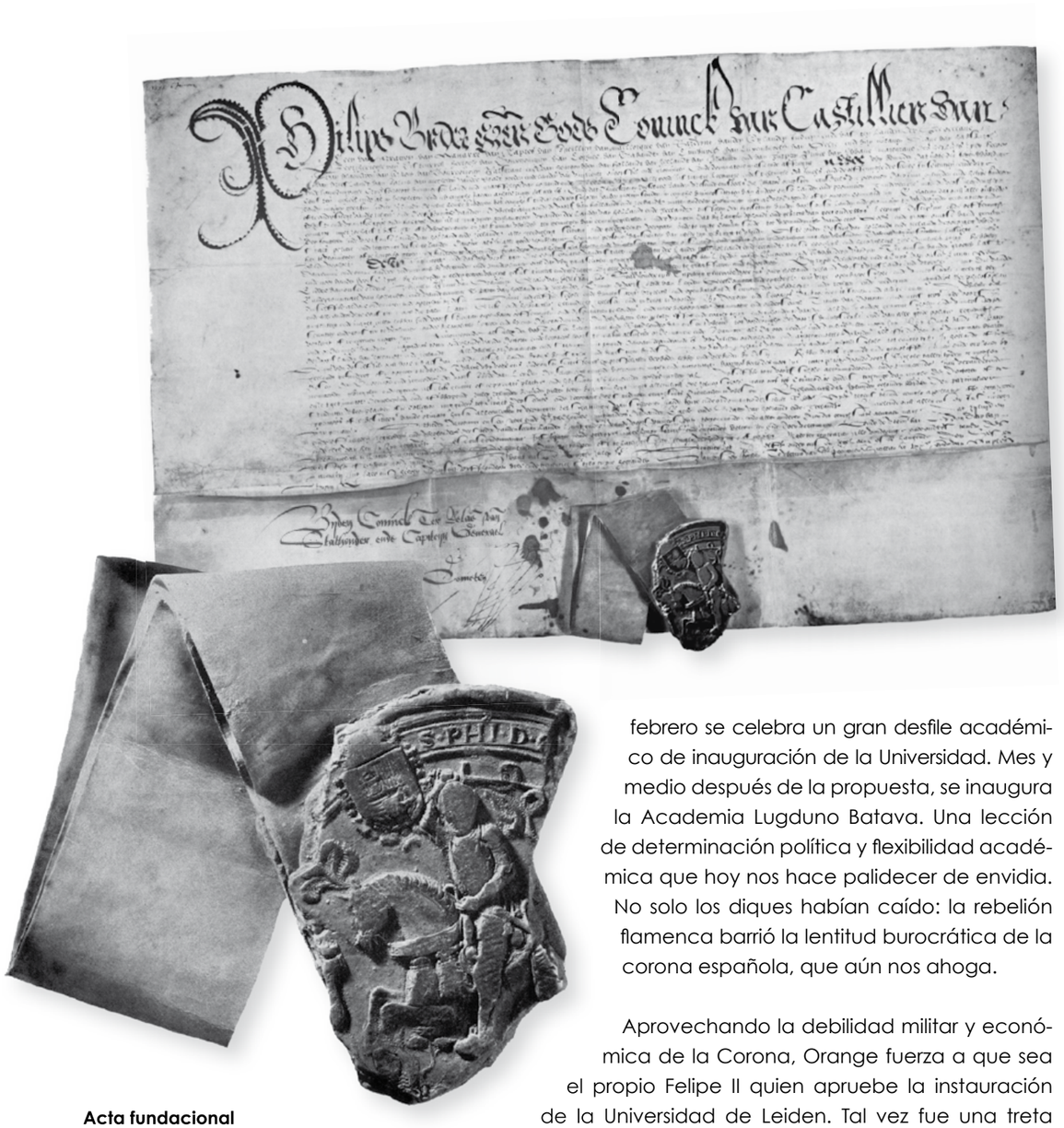
IMPERIO Y FUNDACIÓN

Aunque el subtítulo recuerde a Asimov, esta historia comienza como una novela del Capitán Alatriste. Otoño de 1574, provincia de Holanda, entonces en el imperial Flandes, hoy Países Bajos. La guerra de los ochenta años enfrentaba a las diecisiete provincias contra la España de Felipe II. Leiden, cerca de la Lugdunum Batavorum de los romanos, era una pequeña ciudad holandesa, que se había declarado rebelde en 1572 fortificándose a conciencia. La posición estratégica de Leiden en el pasillo de tierra que unía el norte y el sur de Holanda justifica que Felipe II encargase su asedio a Francisco de Valdés en octubre de 1573. Leiden resistió el sitio durante un año. En las últimas semanas, el burgomaestre llegó a ofrecer uno de sus brazos como alimento a la población hambrienta, aunque la estatua en su recuerdo no lo representa manco, así que probablemente no aceptaron su propuesta. La situación de los españoles no era mucho más cómoda, dadas las lluvias del otoño y los retrasos en los pagos de una Corona ya entonces al borde de la bancarrota, que se haría efectiva unos meses después. Leiden está rodeada por tierras conquistadas al mar tras años de paciente bombeo con los molinos que pueblan el paisaje. Guillermo de Orange, político sagaz y líder rebelde, decidido a liberar la estratégica plaza, rompió los diques que protegían los campos del mar en agosto de 1574, para que la flota rebelde pudiese entrar con ejércitos y alimentos hasta la ciudad. Para ello anegó los campos que habrían debido sustentar a los habitantes a partir de entonces. Tras un lento avance, con sucesivas roturas de diques y dura defensa española de los mismos, el agua llegó hasta las posiciones españolas, que debieron retirarse y abandonar el sitio en la noche del 2 al 3 de octubre de 1575. La leyenda cuenta que un huérfano encontró el día 3 un caldero con cebollas y zanahorias cocidas ("*Hutspot*") que junto con los arenques y el pan que las tropas trajeron en sus barcos salvaron a una población exhausta. Una solemne celebración de acción de gracias tuvo lugar en la Catedral de San Pedro, la Pieterskerk, y aún hoy, Leiden celebra su fiesta local el 3 de octubre y el Ayuntamiento reparte arenque y pan con *Hutspot*. Ese día, no hay casa de cuya puerta no cuelgue una "cabeza de español", supuestamente Valdés o el duque de Alba.

William I, Príncipe de Orange (1533-1584).
Oranje-Nassau Museum.

Para Guillermo "el Taciturno" (1533-1584), conde de Nassau y Príncipe de Orange, la liberación de Leiden supuso una gran inyección de moral. Guillermo era consciente de que libraba dos guerras a un tiempo; una militar y otra religiosa. Holanda necesitaba un centro de enseñanza no sometido al catolicismo del Imperio para afianzar el espíritu protestante de la rebelión. Decidió premiar a Leiden por la heroica resistencia ofreciendo a la ciudad la instauración de una universidad. Sin embargo, el estado de Zelanda también quería la universidad, para su ciudad principal, Middleburg. El 28 de diciembre de 1574, Guillermo propone a los parlamentos rebeldes de Holanda y Zelanda la creación de una universidad en Leiden o Middleburg, ofreciendo a Leiden la posibilidad de aceptar como premio una exención de impuestos en vez de la universidad. El 2 de enero de 1575, se acuerda un programa de estudios para la nueva universidad (¡en una semana!), consistentes en Latín, Hebreo y Griego, Teología, Filosofía, Matemáticas y Derecho. Ese mismo día se comunican los planes a las dos ciudades candidatas. Tal vez porque, dada la miseria absoluta en que se encontraban, una exención fiscal no suponía mucho ahorro, o porque el Concejo de Leiden era en efecto heroico, deciden aceptar la universidad como premio en un tiempo récord. Al día siguiente, optando por una política de hechos consumados, Leiden agradece la oferta y nombra un comité y delegados de cada facultad, añadiendo Medicina a la oferta docente y teniendo el decreto listo para su firma el día de reyes de 1575. El día 8 de

"Mes y medio después de la propuesta, se inaugura la Academia Lugduno Batava. Una lección de determinación política y flexibilidad académica que hoy nos hace palidecer de envidia."



Acta fundacional de la Universidad de Leiden y detalle del sello lacrado de Felipe II.

Ayuntamiento de Leiden.

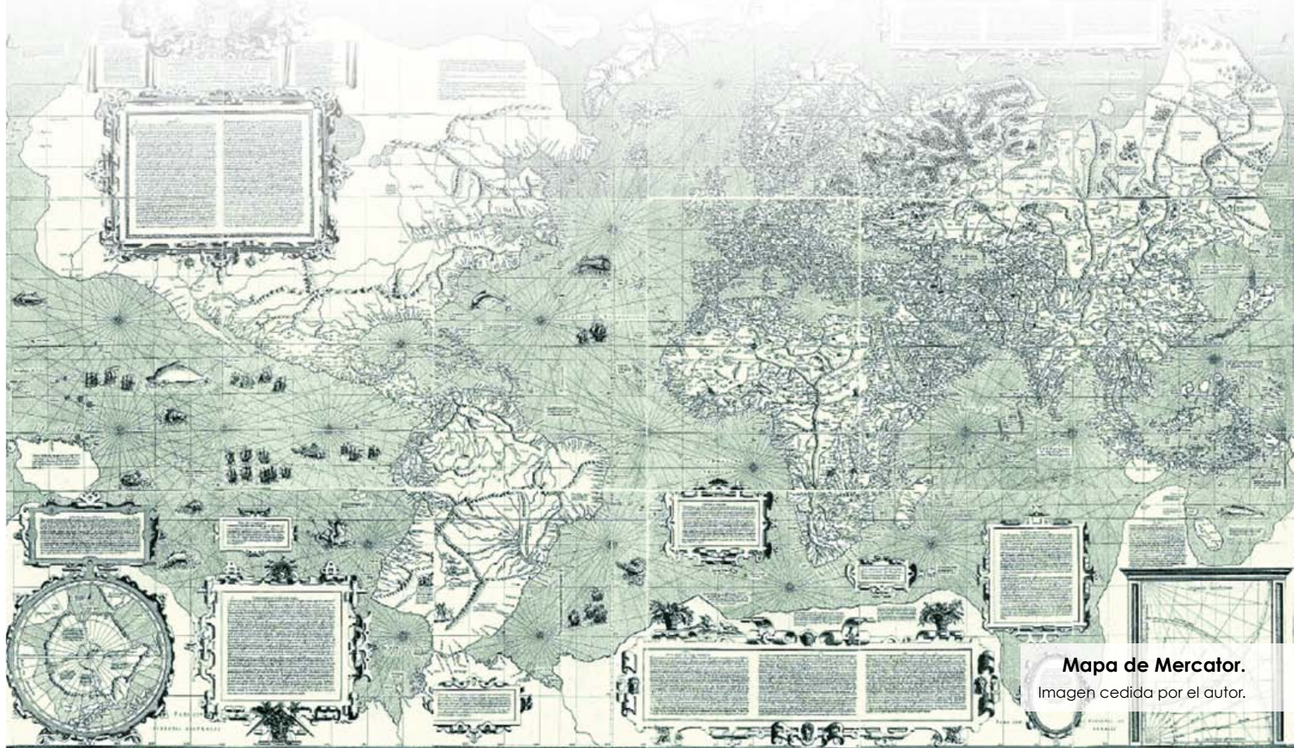
febrero se celebra un gran desfile académico de inauguración de la Universidad. Mes y medio después de la propuesta, se inaugura la Academia Lugduno Batava. Una lección de determinación política y flexibilidad académica que hoy nos hace palidecer de envidia. No solo los diques habían caído: la rebelión flamenca barrió la lentitud burocrática de la corona española, que aún nos ahoga.

Aprovechando la debilidad militar y económica de la Corona, Orange fuerza a que sea el propio Felipe II quien apruebe la instauración de la Universidad de Leiden. Tal vez fue una treta de Guillermo de Orange, o la única manera de asegurar la supervivencia de la Universidad si la ciudad volviese a caer en manos españolas, pero en la carta fundacional de la Universidad se lee "Felipe, por la Gracia de Dios Rey de ambas Castillas, León, Aragón, Navarra... conde de Holanda y Zelanda, Frisia y Utrecht [...] funda una Universidad en la Ciudad de Leiden [...] para resolver los problemas educativos generados por el duque de Alba y su odio a Holanda y Zelanda, [...] y encarga de ello a su bien amado sobrino Guillermo de Orange", todo bajo el sello lacrado de Felipe II.

CIENCIA, TULIPANES Y PEREGRINOS

La Universidad empieza a dar frutos inmediatamente; no solo preparando licenciados, sino como motor de innovación en la sociedad holandesa. Dos ejemplos bastarán para ilustrar este hecho. El hijo de uno de los primeros profesores de Matemáticas, tras graduarse en leyes, acaba sucediendo a su padre en la cátedra de Matemáticas en 1615. Es Willebrod Snell, famoso por la ley de la refracción que lleva su nombre, pero cuyo programa matemático – geodésico fue muy amplio: sentó las bases de la triangulación para medir el meridiano (Eratosthenes Batavus, 1617), desarrolló el cuadrante de Snell, optimizó el método de Arquímedes para el cálculo de π (Cyclometricus, 1621) y estudió la loxodroma, la curva que se dibuja sobre una esfera manteniendo constante el ángulo con los meridianos (Tiphys Batavus, 1624). La loxodroma, cuya representación es una recta en los mapas de Mercator (1569) permitió a los marinos del XVII no solo fijar rumbo seguro con una brújula, sino estimar posiciones en el océano, aún sin un reloj con el que determinar longitudes a bordo. No es fácil estimar cuánto del predominio holandés en el comercio (y la piratería) en años posteriores es debido al menos en parte a Snell, pero su contribución fue probablemente relevante.

El gran botánico Charles de l'Écluse, o Clusius, fue contratado como profesor de la Universidad en 1593 e impulsó la creación del Hortus Academicus, donde crio y estudió los primeros tulipanes de Europa en la Edad Moderna. Fue Clusius quien observó y seleccionó artificialmente las bonitas formas coloreadas que en las corolas de los tulipanes generaba el virus del mosaico. La selección artificial de los mismos provocó desde el Hortus Botanicus de Leiden una de las primeras burbujas financieras conocidas, la "bulbomanía", durante la cual se llegaron a pagar miles de florines por un bulbo de tulipán en 1630. Se generó un mercado de futuros, se pedían créditos para comprar flores... Aquella burbuja, por supuesto, también explotó: súbitamente, en febrero de 1637, los precios cayeron y los compradores desaparecieron. Enormes deudas comprometidas para pagar flores que ya no valían nada llevaron a bancarrotas que golpearon a todas las clases



Mapa de Mercator.

Imagen cedida por el autor.

sociales. El pánico acabó llevando la economía holandesa a la quiebra. Hoy Holanda es el mayor productor europeo de flores, con una facturación anual de unos 6 mil millones de euros anuales, siendo la subasta floral de Aalsmeer (a 27 km de Leiden) la mayor feria floral del mundo, donde se fijan precios a nivel global.

La vida de Leiden a partir del S. XVII pasa a girar alrededor de la Universidad, y aunque otras ciudades holandesas le siguen (Amsterdam, Groningen y Utrecht) la de Leiden sigue marcando el peso de Holanda en Europa. Christian Huygens, uno de los alumnos de Snell y van Schooten, marca algunas de las cimas de la ciencia europea. En sus calles florecen familias de impresores, como los Elsevier (desde 1580), y Leiden se convierte en un gran centro de publicación científica: Descartes publica allí toda su obra, como Spinoza, el propio Huygens y van Leeuwenhoek, quien perfeccionó el microscopio y descubrió los protozoos, las bacterias, los espermatozoides y las fibras musculares (aunque no tuvo relación con la Universidad de Leiden, porque nunca estudió en ninguna). Las facultades de humanidades atraían igualmente a figuras de renombre, como Justus Lipsius, cuyos escritos influyeron en el espíritu de la Reforma en el S. XVII. El gran Rembrandt nació en Leiden y estudió en su Universidad, y mantuvo un estudio y un taller hasta 1636, donde creó una escuela de decenas de pintores. Curiosamente, fue el padre de Christian Huygens quien "descubrió" a Rembrandt y quien le encargó sus primeras pinturas para la corte en La Haya.

***Semper Augustus* (acuarela anónima).**

http://es.wikipedia.org

La libertad religiosa que se vivía en el Leiden de principios del XVII (en buena parte debida al ambiente intelectual y a cómo la Universidad había sido concebida) así como su floreciente industria textil, atrajeron a un grupo de ingleses congregacionalistas, fugitivos de una mortal persecución por la iglesia anglicana. Este grupo, al que se conocía como los *Peregrinos*, pasó 11 años en Leiden, involucrándose en la vida de la ciudad tanto como su puritanismo lo permitía. La persecución anglicana no se detuvo, y algunos miembros fueron arrestados por fuerzas llegadas ex profeso a Leiden. Queriendo poner más distancia con la metrópoli, el grupo de peregrinos embarcó en 1620 en el Mayflower con rumbo a Massachusetts, donde fundaron Plymouth, la primera colonia inglesa de tamaño considerable en lo que llegó a ser Nueva Inglaterra. La colonia de Plymouth se ha convertido en parte del folclore y de la historia estadounidense. Parece bien fundado que la celebración anual de acción de gracias en la Pieterskerk por la liberación del sitio español, indujo a los peregrinos a instaurar lo que Lincoln convirtió en seña de identidad estadounidense, el *Thanksgiving Day*. Al menos nueve presidentes de los Estados Unidos descienden directamente de uno o más de los peregrinos de Leiden. La lista incluye a John Adams, F. D. Roosevelt, los Bush y hasta Barack Obama. Es casi chusco que Obama comparta con Bush su ancestro directo entre los peregrinos de Leiden, el diácono Thomas Blossom[1].

"La vida de Leiden a partir del S. XVII pasa a girar alrededor de la Universidad, y aunque otras ciudades holandesas le siguen, la de Leiden sigue marcando el peso de Holanda en Europa."

MATRACES Y BOTELLAS

Volvamos a la Ciencia: la Química también vio en Leiden grandes avances durante el S. XVII, casi siempre ligados a profesores de la facultad de Medicina, en la que se instauró una cátedra de Química. La ocuparon, entre otros, Sylvius de le Boë (1614-'2) y Herman Boerhaave (1668-1738). Sylvius creó el Laboratorio de Química de la Universidad, aunque probablemente su mayor contribución a la medicina de la época fue la filosofía intro-química, que explicaba las curaciones medicinales en términos de reacciones químicas en el organismo. Tras él, Herman Boerhaave fue un docente famoso entre la clase médica europea. En Leiden funcionaba desde principios del S. XVII un Theatrum Anatomicum, que encumbró a Boerhaave. Estudiantes de Medicina de toda Europa viajaban a Leiden para asistir a sus clases, que se pueden tildar de multitudinarias por los grabados de la época. Pero para Boerhaave, la Química era importante no solo porque proporcionaba un marco filosófico para la Medicina, sino por derecho propio, y decidió desarrollar la Química como una asignatura independiente en Leiden.

Curiosamente, su profundo calvinismo impulsó su ciencia, pues estaba convencido de la incapacidad del hombre para llegar al conocimiento por sus propios medios. Un experimento era una vía de "dejar hablar a Dios" acerca de cómo la Naturaleza se comporta, un dios calvinista que guía al mundo continua y detalladamente. Por las razones que fuese, Herman Boerhaave fue un excelente experimental, que aisló la urea a partir de orina 50 años antes que Rouelle[2,3], a quien suele atribuirse ese

Botellas de Leiden expuestas en el Museo Boerhaave (Leiden, Holanda).

http://es.wikipedia.org

Escudo de Leiden, con la Catedral de San Pedro al fondo.
Fotografía cedida por el autor.

mérito. Fue el introductor en Leiden de las ideas newtonianas. Se esforzó mucho en refutar a los alquimistas, acusándoles de hacer aseveraciones insostenibles y fantásticas, por lo que es probable que no conociese los estudios alquímicos del propio Newton (quien los ocultó denodadamente). Recogió sus clases de Química en Elementa Chemiae (1731). Probablemente debido a su newtonianismo, Boerhaave abogaba no solo por una aproximación práctica a la química, sino también por su comprensión teórica, a lo que llamaba "química filosófica didáctica" una química basada en principios físicos[4].

En Física, el S. XVIII no fue tan fecundo como el XVII, ni como lo serían los siguientes. Sin embargo de Leiden salieron importantes contribuciones, de las cuales la más conocida es posiblemente el primer condensador, la botella de Leiden. Desarrollada por el Prof. Pieter van Musschenbroek en 1745, la botella de Leiden fue fundamental para la comprensión de los fenómenos electrostáticos, permitiendo guardar carga eléctrica en cantidades apreciables y por tiempos suficientes para la realización de experimentos cuantitativos. Se pueden ver dos de ellas en la exposición INSTRUMENTA de nuestra Facultad. Van Musschenbroek fue probablemente el primer investigador en magnetismo en Leiden, abriendo una tradición que culmina en el siglo XX y continúa en el XXI.

NUEVA FUNDACION

Las ciencias en Leiden, a partir de mediados del S. XIX, se trasladaron a un nuevo edificio, el Laboratorio de Ciencias. Ese edificio, actual sede de la Facultad de Derecho de la Universidad, vio nacer en sus laboratorios algunas de las mejores páginas de la Historia de la Física del siglo XX. El volumen de ciencia erigido sobre las columnas de los dos físicos que a finales del S. XIX ocupaban las cátedras de Física Teórica (Hendrik A. Lorentz) y de Física Experimental (Kamerling Onnes) es realmente impresionante, y un repaso de los principales nombres involucrados da una idea de la calidad del conjunto: Ehrenfest, Zeeman, Kramers, Kronig, de Haas, Oort, de Sitter, Goudsmit, Uhlenbeck... Si se incluye en la lista a los visitantes más o menos habituales, se está delineando buena parte de la Física del siglo XX previa a la Segunda Guerra Mundial: van der Waals, Einstein, Fermi... Para no alargar mucho más este, dedicaremos un segundo artículo a la Física del siglo XX en la Universidad de Leiden.

Probablemente, ni Guillermo de Orange ni el Concejo de Leiden que decidió fundar una universidad renunciando con ello al ofrecimiento de exención fiscal, imaginaban hasta qué punto estaban haciendo un magnífico negocio para Leiden y para Holanda. O tal vez sí. Su determinación por una ciencia libre y de excelencia cambió su ciudad, su país, y en ciertos aspectos el mundo.

Fernando Bartolomé

Dpto. de Física de la Materia Condensada

Facultad de Ciencias
Universidad de Zaragoza

Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Universidad de Zaragoza

Dibujo del Paraninfo de la Universidad de Leiden.
Universiteitsbibliotheek Leiden.

1. Pilgrim Archives. http://www.pilgrimarchives.nl.
2. Backer J. H. Ned. Tijdsehr. Geneesk. 1274 (1943).
3. Kurzer F. y Sanderson P. M., Chem J. Education 33, 452 (1956).
4. Powers John C., Inventing Chemistry: Herman Boerhaave and the Reform of the Chemical Arts. Chicago, London: University of Chicago Press (2012).

LA MATEMÁTICA
DESDE ZARAGOZA

“Nuestros maestros hicieron que la Facultad de Ciencias aragonesa, en un momento nada fácil, fuera un sitio emblemático y atractivo para los matemáticos.”

POR SANTOS GONZÁLEZ

Edificio de Matemáticas, Facultad de Ciencias (Universidad de Zaragoza).
Fotografía de la Facultad de Ciencias.

La Matemática desde Zaragoza

Han pasado dos años desde la celebración de la *VI International Conference on Non Associative Algebra and Its Applications* en la querida Facultad de Ciencias. En mi memoria están aún los paseos por esos pasillos tan particulares y por esa Aula Magna objeto de tantas, y tan entrañables, vivencias. Probablemente, algún día debería escribirse la historia del Aula Magna y lo que ha representado para la Universidad de Zaragoza. Las asambleas, los conciertos, los debates y, en definitiva, todo aquello que va tejiendo el día a día de la vida en la Universidad.

Siempre pensé, y lo sigo haciendo, que la Facultad de Ciencias es el buque insignia de la Universidad de Zaragoza y, en ella, su Aula Magna el epicentro neurálgico de todo lo que se construye en la Universidad. Y es, basado en ese indudable prestigio de la Facultad, el motivo por el que decidí estudiar en sus aulas la titulación de Matemáticas, cuando, al ser Ávila mi tierra natal, Madrid o Valladolid, parecían la decisión más lógica y normal por su cercanía. Carente de otros vínculos con Aragón fue el prestigio de su Facultad de Ciencias lo que motivó mi decisión. Y no me arrepentí nunca. Y si a todo lo anterior se añade el tener en el Campus un Colegio Mayor como el Pedro Cerbuna todo conformaba lo que más se puede desear para una adecuada trayectoria universitaria. Doble orgullo que, en mi caso y pienso que en el de la mayoría, nunca agradeceremos bastante.

No es mi deseo hacer ahora un análisis detallado de lo que la Matemática impartida en la Facultad ha representado en la Ciencia y en la docencia española en sus diferentes niveles. Profesores de secundaria y de universidad, formados en sus aulas han impartido e imparten su magisterio en todos los rincones de este país. Y por supuesto también en la Empresa y en la Administración. Nuestros maestros (Sancho San Román, padre científico de todos los algebristas aragoneses, Cid, Vigil, Rodríguez Vidal, Rodríguez Salinas, Viviente, Plans…) hicieron que la Facultad de Ciencias aragonesa, en un momento nada fácil, fuera un sitio emblemático y atractivo para los matemáticos.

VI Conferencia Internacional de Álgebra, 2011 (Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza).

Llegada de Efim Zelmanov a Zaragoza en abril del año 1989. En la fotografía, de izquierda a derecha: Santos, Efim, Elena y Chelo.

Fotografías cedidas por el autor.

Todo ello motivó la llegada de numerosos alumnos de otras autonomías fundamentalmente canarios, murcianos, catalanes, vascos... Y desde esas aulas hemos sido muchos los que hemos marchado para ejercer nuestras responsabilidades docentes e investigadoras en otras Universidades (en mi caso Asturias) pero curtidos por el sello indeleble que estos maestros supieron imprimir a la Matemática de la Facultad. Digamos que la Facultad era, y es, la casa madre, lo es todo.

Pero en esta nota quería reseñar un hecho histórico para la Matemática de la Facultad. Un hecho muy atractivo que sin duda puede lucir ante el resto de la Universidad española y fuera del país.

Corría el mes de abril del año 1989 cuando visitó la Facultad un genio matemático ruso, Efim Zelmanov. Respondía a una invitación personal que la profesora Consuelo Martínez (Chelo) y yo le hicimos durante una corta estancia en el Instituto de Matemáti-

“Siempre pensé, y lo sigo haciendo, que la Facultad de Ciencias es el buque insignia de la Universidad de Zaragoza.”

cas de Oberwolfach (Alemania). No fue nada fácil fraguar esa visita. No es el momento de relatar los problemas que les planteaban estos viajes a los científicos rusos, y más a los genios, incluso en los momentos de cambio en los que la llegada de la Perestroika hacía concebir un nuevo rumbo.

Efim y su esposa Elena se desplazaron desde su Siberia natal (Novosibirsk) a Zaragoza, a la Facultad de Ciencias, en un viaje que siempre recuerda como la llegada al Paraíso. Semejante visita polarizó la vida matemática aragonesa en aquellos días y la Conferencia que organizamos con tal motivo atrajo a numerosos especialistas del país y de fuera de él. Y fue Zaragoza quien precisamente tuvo el privilegio de ser el primer sitio en el que, a nivel mundial, Efim dio a conocer la brillante solución al Problema Restringido de Burnside. Un centenario problema matemático perseguido durante cien años por los más reputados matemáticos del mundo y que el genial Zelmanov acababa de resolver. Valga como referencia la comunicación personal que unos meses antes nos hizo a Chelo y a mí sobre tal logro y también la nota en el artículo que publiqué en Heraldo de Aragón el 29 de abril de 1989, haciendo una premonición de lo que luego sería una realidad cinco años más tarde. La concesión de la Medalla Fields (el Premio Nobel de las Matemáticas) por el espectacular resultado y la brillante demostración que realizó.

HERALDO DE ARAGON — 29-Abril-1989

JORNADAS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS

Modelos algebraicos no asociativos y sus aplicaciones

Santos González Jiménez
Vicedecano de la Facultad de Ciencias. Organizador de las jornadas

Durante los días 13, 14 y 15 de abril, en la Facultad de Ciencias-Matemáticas de nuestra Universidad, se han celebrado unas jornadas sobre modelos algebraicos no asociativos y sus aplicaciones. A las mismas han asistido profesores de diferentes universidades de nuestro país y de fuera de él, destacando la participación del profesor ruso Efim Zelmanov.

El profesor Zelmanov, catedrático de Matemáticas de la Universidad de Novosibirsk, es considerado el primer especialista mundial en la materia, habiendo resuelto recientemente un importante e histórico problema de las matemáticas, al que ha dado solución con los modelos algebraicos objeto de la reunión. De esta solución, aún sin publicar, ha dado cuenta en primicia mundial a los participantes en las jornadas. La solución de tal conjetura matemática le convierte, sin duda, en uno de los más firmes aspirantes a la Medalla Field (el equivalente al Premio Nobel, que no existe para esta disciplina), que otorga el Congreso Internacional de Matemáticas y que requiere como condición necesaria el no haber superado los cuarenta años de edad.

La visita del profesor Zelmanov a nuestra Universidad despertó gran expectación entre la comunidad matemática especializada en el tema, unida al hecho de ser la primera vez que este insigne profesor podía salir de esta forma de su país. La comisión mixta CAICONAI, dentro de su programa Europa de estancias de investigación, financiando la visita y la colaboración en todo momento de nuestra Universidad, ha permitido que la misma se llevara a cabo con todo éxito.

El tema objeto de la visita y de las jornadas, las álgebras no asociativas y sus aplicaciones, constituye uno de los modelos matemáticos de mayor importancia y utilidad en estos momentos. Así, a la ya habitual utilización de tales modelos algebraicos por los científicos que investigan en la física de partículas, se ha unido, recientemente, su utilización en el campo de la genética apareciendo unos modelos algebraicos que con la denominación de álgebras genéticas son ahora objeto de especial atención por su utilidad en diferentes campos de la biología. Un grupo de esta Universidad, en colaboración con las universidades de Madrid, Montpellier y Tubingen, está profundizando en la actualidad en el desarrollo matemático de tales modelos. Por todo ello, la participación conjunta de algebraístas, analistas, físicos y biomatemáticos, que ha tenido lugar en las jornadas así como en los intercambios y proyectos que de ellas han surgido, permiten tener la esperanza de conseguir a corto y medio plazo aportaciones científicas imposibles de llevar a cabo de otro modo y de las que, sin duda, se beneficiarán nuestros jóvenes doctorandos, la Universidad y la sociedad en general.

Artículo de Santos en el Heraldo de Aragón en abril de 1989 (arriba), y detalle de una carta de Efim (abajo).

Imágenes cedidas por el autor.

Dear Santos and Consuelo! 10.12.1988.

Merry Christmas and Happy New Year!

I hope to get permission to visit you in a week or two. Meanwhile I ordered the air tickets Moscow-Madrid (on April 1) and Madrid-Moscow (April 15). As soon as I get the permissions and passports and (after that) buy out the tickets I'll send to you some more precise information.

Two weeks ago I solved the Restricted Burnside's Problem for groups of exponent p^K, $p \neq 2,3$. It was my nightmare of the last year. The theorem sounds as follows

Theorem For any integers $m \geq 1, K \geq 1$ and prime $p \neq 2,3$ there are only finitely many finite m-generated groups of exponent p^K.

Efim Zelmanov.

http://www.kias.re.kr

Entrega de la Medalla Fields a Efim Zelmanov en Zúrich (agosto de 1994). En la fotografía, de izquierda a derecha: Santos, Efim y Chelo.

Fotografía cedida por el autor.

EFIM ZELMANOV: LA MEDALLA FIELDS (EL PREMIO NOBEL DE LAS MATEMÁTICAS) Y EL PROBLEMA RESTRINGIDO DE BURNSIDE (PRB).

Las Matemáticas, junto con la Física y la Química, constituyen los tres pilares básicos de la Ciencia y, sin duda, con sus logros y desarrollos se ha producido, y seguirá haciéndolo, el avance y progreso de la Sociedad.

Los mayores logros de la Física y la Química tienen su reconocimiento en la concesión del galardón de mayor prestigio: el Premio Nobel. Sin embargo, tal distinción no se otorga a las Matemáticas, lo que llevó a la comunidad científica a crear un galardón que tuviese similar reconocimiento. Dicho galardón es la Medalla Fields. Se otorga en el Congreso Internacional de Matemáticas y aquellos que la reciben comparten honores, privilegios y reconocimientos similares con los galardonados con el Nobel.

En 1994, en el Congreso Internacional celebrado en Zúrich, Efim Zelmanov recibió tal honor, siendo la Universidad de Oviedo el primer sitio que visitó después de recibir dicho galardón.

Efim Zelmanov, natural de Novosibirsk (Rusia) es actualmente catedrático en la Universidad de San Diego (USA). Anteriormente lo fue en Oxford, Madison, Chicago y Yale. Ha sido profesor visitante en las más importantes Universidades y Centros de Investigación del mundo (Max Planck Institute, Jerusalén, Princeton, Columbia, Harvard, MIT...).

Ha recibido también la prestigiosa Medalla del College de France, máximo galardón científico que concede el país vecino. Es editor de algunas de las más prestigiosas re-

Recepción oficial de Efim Zelmanov en la Sede del Gobierno de Aragón (arriba), e imagen de la conferencia impartida en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias (abajo).

ARRIBA: www.flickr.com (*Gobierno de Aragón*)

ABAJO: fotografía cedida por el autor.

Desde entonces Efim ha estado estrechamente vinculado a nuestro grupo de investigación y, en Zaragoza, a los profesores Alberto Elduque y Fernando Montaner. El 2 de noviembre de 2011 en el Aula Magna, Efim impartió la lección inaugural de la Conferencia. Efim es un ejemplo de científico genial y, a la vez, es un ser humilde, sencillo y entrañable. Fue una charla preciosa en la que repasó los recientes resultados logrados (conjuntamente con Chelo, con la que colabora y publica desde hace veinte años). La Magna se llenó y estoy convencido de que todos disfrutaron de su disertación. En particular, los jóvenes pudieron ver de cerca a un genio de la Matemática con una trayectoria ejemplar y a su vez, cercano y familiar. Para ellos, estoy convencido, constituye un símbolo a imitar y una razón de que la investigación matemática merece la pena.

A pesar de que las dificultades actuales (no mayores que las que tuvo Efim en Siberia) plantean un reto, hay que continuar el esfuerzo y trabajo diario para mantener bien alto el pabellón de una disciplina, la Matemática que, desde Zaragoza, desde el Aula Magna de la Facultad, irradió hacia el resto del país, hacia el resto del mundo.

Santos González
Dpto. de Matemáticas
Facultad de Ciencias
Universidad de Oviedo

vistas matemáticas, y es Doctor Honoris Causa por varias Universidades, en particular por la Universidad de Oviedo.

Efim Zelmanov resolvió en 1989 un centenario problema matemático, el Problema Restringido de Burnside (PRB) que le valió la citada Medalla. Invitado por el que suscribe este artículo, visitó Zaragoza en 1989, y en esta Facultad dio a conocer, en primicia mundial, la solución al citado problema. Desde entonces colabora estrechamente con nuestro equipo y, en particular, realiza desde 1991 investigación de forma permanente con la profesora Consuelo Martínez.

EL PRB: estimo necesario en este contexto científico hablar de la teoría de grupos, anillos y álgebras. Haré unas breves anotaciones sobre el PRB, planteado al comienzo del siglo XX por el reputado matemático inglés William Burnside. El marco es la teoría de grupos y la pregunta es: "Dados números naturales n y m, ¿es cierto que solo hay una cantidad finita de grupos finitos que pueden generarse con n de sus elementos y de forma que su exponente sea m?

Entre 1956 y 1979, Kostrinkin fue capaz de resolver el Problema Restringido para grupos cuyo exponente es un número primo.

Finalmente, el proceso fue culminado por Zelmanov, cuando en 1989 resolvió afirmativamente este problema. Su demostración se apoya en tres aportaciones previas centrales:

1. Los resultados previos de Kostrikin, ya mencionados.
2. El teorema de reducción de Hall y Higman de 1956.
3. La clasificación de los grupos simples finitos, hito histórico de las Matemáticas del siglo XX.

Dado que no es objeto de este artículo detallar la elaborada demostración de Zelmanov, baste decir que la genialidad de su solución positiva al mencionado problema es, entre otros factores, fruto de una maravillosa combinación de métodos y técnicas de la Teoría de Grupos y de la Teoría de Anillos y Álgebras, que pone de manifiesto, una vez más, la grandeza y universalidad de las Matemáticas.

Construyendo...

...el Espacio Europeo de Educación Superior

GRADOS

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

MÁSTERES

- Máster en Biología Molecular y Celular
- Máster en Física y Tecnologías Físicas
- Máster en Iniciación a la Investigación en Geología
- Máster en Investigación Química
- Máster en Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas
- Máster en Modelización e Investigación Matemática, Estadística y Computación
- Máster en Química Sostenible
- Máster en Ingeniería de Membranas

¡Matrícúlate!

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

El profesor Douglas Osheroff, Premio Nobel de Física, en la Facultad de Ciencias

El pasado 5 de febrero, en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, el premio Nobel de Física, el profesor Douglas Osheroff, impartió la conferencia titulada "*Richard Feynman's Life And His Broad Impact On Science*". Este acto, organizado por el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA), contó con la presencia del rector de la Universidad de Zaragoza, Manuel López, la decana de la Facultad de Ciencias, Ana Isabel Elduque, y el director del ICMA, Javier Campo. El profesor Douglas Osheroff visitó el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA) por ser centro pionero en el desarrollo de la Física de Bajas Temperaturas en España.

El conferenciante analizó la vida de Feynman, desde su paso por el MIT como estudiante hasta su muerte en 1988. Sus contribuciones a la Ciencia incluyen su propia versión de la Electrodinámica Cuántica, por la cual recibió el Premio Nobel en 1965, y su desarrollo de un tercer formalismo de la Mecánica Cuántica basado en el principio de mínima acción (el formalismo de la integral de camino que complementa los formalismos de Schrödinger y Dirac).

El profesor Douglas Osheroff, que desde 1987 es Profesor de Física en la Universidad de Stanford, es en la actualidad miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y recibió el Premio Nobel de Física en 1996 compartido con sus directores de tesis, David Lee y Robert Richardson, por el descubrimiento de la superfluidez del Helio-3.

Este hallazgo, sin embargo, fue fortuito. En Noviembre de 1971, Douglas Osheroff, estudiante de doctorado de la Universidad de Cornell (Estados Unidos), quería estudiar el magnetismo del Helio-3, un isótopo del Helio que, a diferencia del normal o Helio-4, tiene solo un neutrón en el núcleo. Esa pequeña diferencia le confiere interés como detector en sistemas de seguridad nuclear, agente de contraste en resonancia magnética y como refrigerante para alcanzar regiones cercanas al cero absoluto (273,15ºC bajo cero). Desgraciadamente, es enormemente escaso.

Osheroff obtenía Helio-3 sólido a partir del líquido comprimiéndolo en una cámara cerrada, lo que además le permitía enfriarlo hasta temperaturas de tan solo una milésima de grado sobre el cero absoluto. Douglas observó que algo cambiaba en el Helio-3. Sin embargo, ese algo no era el magnetismo del sólido que andaban buscando, sino la formación de un nuevo esta-

Mesa presidencial del acto (arriba) y uno de los momentos de la conferencia (abajo).
Fotografías de la Facultad de Ciencias.

El profesor Douglas Osheroff durante la conferencia.

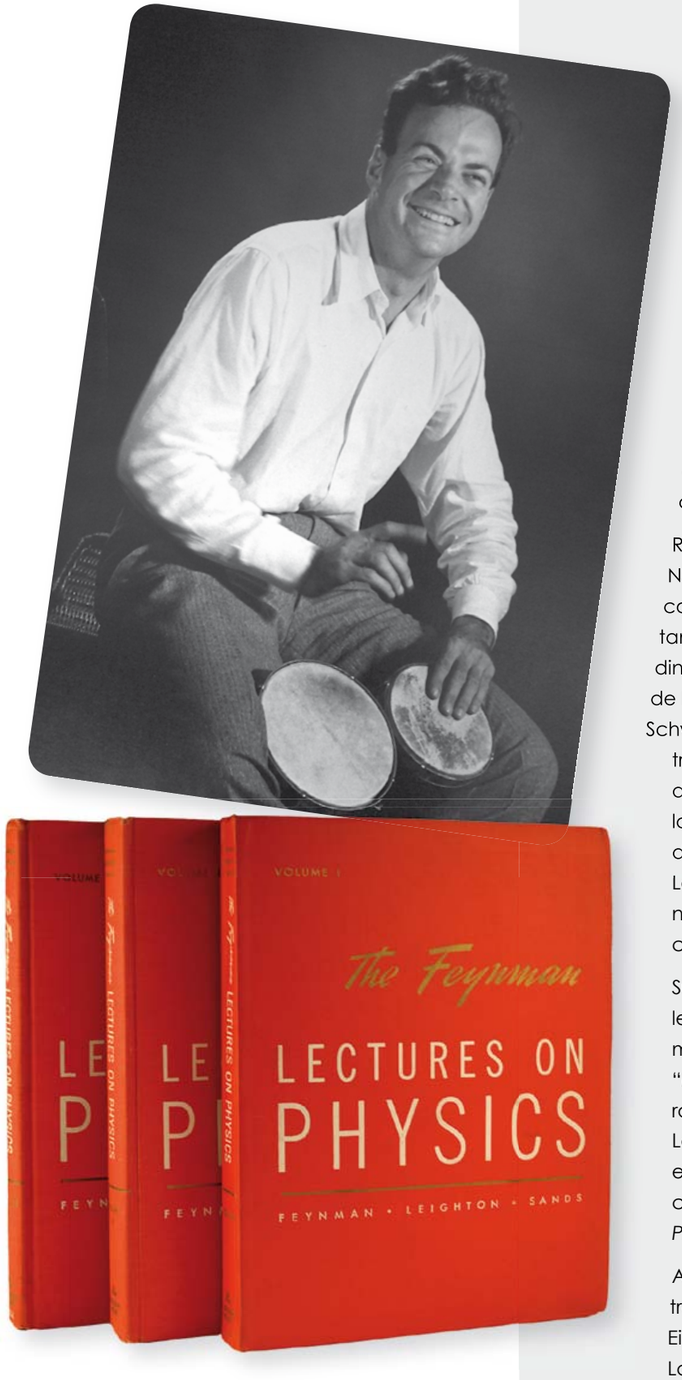
El profesor Douglas Osheroff, Premio Nobel de Física, en la Facultad de Ciencias

Asistentes al acto.
Fotografía de la Facultad de Ciencias.

do superfluído en el líquido que quedaba en la cámara. Este fenómeno recuerda mucho a la superconductividad, en el que los electrones, que tampoco son bosones por separado, forman también parejas. El estudio del Helio-3 ha permitido, de hecho, testear modelos teóricos sobre diferentes interacciones que pueden dar lugar a la superconductividad de alta temperatura crítica, descubierta en 1986 y cuyo origen aún permanece oscuro.

Al finalizar su tesis doctoral en 1972, Osheroff empezó a trabajar para Bell Labs. Osheroff realizó importantes aportaciones a varios temas de gran actualidad en el campo de la Física de Materia Condensada. En 1987, Osheroff aceptó un puesto de catedrático en Stanford. Desde entonces, se ha convertido en uno de los profesores más prestigiosos de dicha universidad. Ha impartido cursos de introducción a la Física para estudiantes de primer año y ha sido premiado por su labor como profesor en varias ocasiones. Osheroff participó en la comisión investigadora del accidente en el transbordador espacial Columbia.

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



Richard Feynman y sus "*Lectures on Phycics*".

ARRIBA: http://www.20minutos.es
ABAJO: www.bibliopolis.com

"THERE IS PLENTY OF ROOM AT THE BOTTOM"

Hace más de 50 años, en una reunión de la Sociedad Americana de Física organizada por Caltech, Richard Feynman dio una charla denominada "Hay mucho sitio al fondo." En su discurso imaginativo, Feynman discutió la promesa tecnológica de máquinas diminutas tan pequeñas como unos pocos átomos.

Richard Phillips Feynman, nacido en Nueva York el 11 de mayo de 1918, es considerado uno de los físicos más importantes del siglo XX. Su trabajo en electrodinámica cuántica le valió el Premio Nobel de Física en 1965, compartido con Julian Schwinger y Sin-Ichiro Tomonaga. En ese trabajo desarrolló un método para estudiar las interacciones y propiedades de las partículas subatómicas utilizando los denominados diagramas de Feynman. La computación cuántica y la nanotecnología fueron algunas de sus importantes contribuciones a la Física.

Su personalidad y su forma de enseñar le acreditan como uno de los grandes maestros de enseñanza de la Física. "*Pensamiento y presentación clara*" fueron requisitos fundamentales en su tarea. Las clases impartidas a los estudiantes en el Instituto Tecnológico de California se conviertieron en las famosas "*Lectures on Physics*".

Además del premio Nobel recibió, entre otras distinciones, el Premio Albert Einstein (Princeton, 1954), el Premio Lawrence (1962) y la Medalla Oersted (1972). Fue también miembro de la Sociedad Norteamericana de Física, de la Asociación Norteamericana para el Avance de la Ciencia, la National Academy of Sciences, y fue elegido como miembro extranjero de la Royal Society en 1965.

Espacio Facultad: homenaje a Bohr

El pasado 21 de febrero tuvo lugar la inauguración del ciclo de conferencias de divulgación científica **Cita con la Ciencia**, en colaboración con la Real Academia de Ciencias de Madrid y la Real Academia de Ciencias de Zaragoza.

Este año, se presentaba dentro del programa un conjunto de cuatro conferencias dedicadas a la figura de Niels Bohr con motivo del centenario de su propuesta de modelo atómico. Hacia la primavera de 1912, Niels Bohr comenzó unos estudios que culminarían en tres extensos artículos en la revista inglesa *Philosophical Magazine* (conocidos como la "trilogía"), aparecidas en 1913, motivo de la conmemoración en este año 2013.

La conferencia titulada "*La figura de Niels Bohr (1855-1962): el hombre y el científico*", impartida por **Luis J. Boya** (Universidad de Zaragoza) inauguró este ciclo-homenaje permitiendo a los asistentes conocer la figura de Niels Bohr, en dos aspectos: el humano y el científico. Aparte de sus propios descubrimientos, en particular la aplicación de las reglas cuánticas al átomo, Bohr destacó también como organizador y gestor: su Instituto en Copenhague, fundado en 1922, ha sido modélico en Europa y ha inspirado el CERN y otros centros de corte similar. Grandes nombres de la Física Cuántica han desfilado por ese Instituto desde 1922.

De la mano de **Jorge Puimedón** (Universidad de Zaragoza) pudimos situar el modelo de Bohr en el contexto de la Física de finales del XIX y principios del XX, conocer su interés como modelo semiclásico así como sus limitaciones.

Las contribuciones de Bohr no solo fueron excepcionales en el ámbito de la Física, la Química Atómica de Bohr marcó un importante avance en la Química. **José Urieta** (Universidad de Zaragoza) presentó en su conferencia "*Bohr y la Química*" cómo su aplicación a la explicación de las propiedades de los elementos, a la espectroscopía atómica y más especialmente a la espectroscopía molecular, fueron obligado objeto de estudio de muchos cursos avanzados de Química. La clausura del ciclo-homenaje estuvo a cargo de **Rafael Núñez-Lagos**, que se centró en el impacto de Bohr en la Física Nuclear.

Complementando estas conferencias se programaron una serie de charlas de variada temática, ya que el objetivo del ciclo es el conocimiento de la Ciencia.

Miguel Ángel Alario y Franco con la charla titulada **"***Del Arco de Meridiano a la Quimioterapia: Una breve historia del platino***"** nos llevó desde las circunstancias del descubrimiento del platino, uno de los elementos descubiertos por científicos españoles, hasta sus principales características, describiendo la manera, en gran medida fortuita, en que se concluyó que algunos de los compuestos de platino poseen extraordinarias propiedades terapéuticas en el tratamiento del cáncer.

En febrero de 1913 una noticia conmocionaba a la sociedad británica y al mundo en general, la confirmación del fallecimiento de Scott y sus hombres en el regreso de su carrera hacia el Polo Sur. En esa misma época Bohr había dado a conocer su modelo atómico y Victor Hess había demostrado un año antes el origen extraterrestre de la radiación que hoy conocemos como rayos cósmicos. Poco podían imaginar aquellos primeros exploradores del continente

Inauguración del ciclo de conferencias CITA CON LA CIENCIA.

Fotografías de la Facultad de Ciencias.

1.

2.

3.

.....

1.- Luis J. Boya, conferencia:
"La figura de Niels Bohr (1885-1962): el hombre y el científico."

2.- Jorge Puimedón, conferencia:
"Bohr y el átomo I."

3.- José Urieta, conferencia:
"Bohr y la Química."

Espacio Facultad: homenaje a Bohr

4.

5.

6.

Antártico que, 100 años después, un gigantesco telescopio de neutrinos, el IceCube, iba a escudriñar el Universo desde ese mismo lugar en busca de neutrinos ultra-energéticos. La experiencia de **Carlos Pobes,** como Winter Over del experimento IceCube durante el invierno polar 2012, y los detalles de este singular telescopio de neutrinos, fueron compartidos con el público asistente a su conferencia "*El día más largo de vida. Investigando en la Antártida*" respondiendo así una de las preguntas que nos hemos formulado muchos de nosotros: cómo era un día típico en la base y cuáles eran las tareas programadas de mantenimiento del telescopio.

Fernando Bombal Gordón nos habló de David Hilbert, uno de los más influyentes matemáticos del siglo XX, abordando aspectos de su vida, su obra y, en particular, de esta apasionada búsqueda de la certeza en la Matemática.

La materia que forma el mundo que conocemos está constituida por los átomos de los elementos químicos. Estos átomos se combinan entre sí y dan lugar a moléculas de diferente naturaleza, que pueden alcanzar una complejidad extraordinaria, como se manifiesta en las moléculas de la vida. **Ernesto Carmona** nos mostró el origen de los elementos químicos en las reacciones nucleares que tienen lugar en las estrellas así como la generación de elementos de mayor peso molecular.

.....

4.- Rafael Núñez-Lagos, conferencia:

"*Miniciclo Bohr: Bohr y el núcleo atómico.*"

5.- Miguel A. Alario y Franco, conferencia:

"*Del arco de meridiano a la Quimioterapia: una breve historia del platino.*"

6.- Carlos Pobes, conferencia:

"*El día más largo de mi vida. Investigando en la Antártida.*"

7.

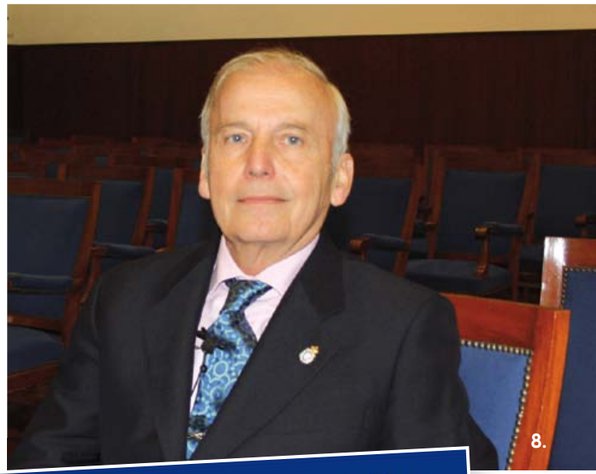
7.- Fernando Bombal, conferencia:

"*David Hilbert: la búsqueda de la certidumbre.*"

8.- Ernesto Carmona, conferencia:

"*Elementos químicos, moléculas y vida.*"

.....


8.

David Ríos Insua revisó en su conferencia la información disponible sobre fenómenos meteorológicos extremos en Europa y sus efectos socio-económicos. Acciones de gestión de riesgos, identificando medidas de mitigación y ejemplos de buenas prácticas, fueron algunos de los temas tratados en la charla.

La clausura del ciclo contó con una conferenciante excepcional, **Celia Sanchez-Ramos** primera investigadora española a la que la Organización de Naciones Unidas nombró Mejor Inventora del 2009. Con 448 patentes en su haber, es de destacar su trabajo en Ciencias de la Visión y, en particular, en el desarrollo de las lentes de filtro óptico amarillo que suponen un cambio de paradigma en el mundo de la óptica: de la óptica refractiva a la óptica preventiva.

Queremos destacar la gran acogida que este ciclo ha tenido entre los alumnos de la Facultad, así como entre los centros de Educación Secundaria, y desde aquí les animamos a seguir participando en ediciones futuras.

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

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

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero6.do

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero7.do

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero8.do

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero9.do

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero11.do

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero10.do

¡Descárgala gratis!

http://ciencias.unizar.es/web/conCIENCIASnumero12.do

conCIENCIAS.digital

Revista de divulgación científica de la Facultad de Ciencias de Zaragoza

Patrocinan:

infozara consultoría informática s.l.

fibercom ARAGÓN PIRINEOS CÁTEDRA

GRUPO IQE CÁTEDRA

Cátedra J.M.S. Divulgación Científica

Zaragoza AYUNTAMIENTO

Facultad de Ciencias Universidad Zaragoza

GOBIERNO DE ARAGON Departamento de Industria e Innovación