



con CIENCIAS.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**

## 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](mailto:web.ciencias@unizar.es)

IMPRESIÓN: GAMBÓN Gráfico, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

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

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.

Portada: 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.

<u>Editorial</u>	2
<u>Matemáticas y Música</u> José Garay	4
<u>La Ciencia vista por un hombre de letras</u> José Luis de Arce	14
<u>Los comienzos de la era nuclear</u> Rafael Núñez-Lagos	30
<u>Einstein en Zaragoza</u> Javier Turrión	46
<u>Entendiendo la Estadística: modelos, controversias e interpretaciones</u> José A. Cristóbal y Pilar Olave	60
<u>¿Hay alguien ahí afuera?</u> Ana Isabel Elduque	76
<u>Leiden: lecciones de Ciencia y Universidad</u> Fernando Bartolomé	96
<u>La Matemática desde Zaragoza</u> Santos González	106
<u>Noticias y actividades</u>	116





Érase una vez la Ciencia

**É**rase una vez la Ciencia. No, no vamos a contar ningún cuento para niños en este número. Aunque ya nos gustaría que fuera uno que acabara con aquello de "comieron perdices y fueron felices". No parecen caminar los tiempos actuales en esta tesitura. Pero por empeño nuestro no va a quedar y aquí volvemos con ímpetu renovado y presentamos un número más de conCIENCIAS.

Como siempre, volvemos a publicar un conjunto variado de artículos. Nuestros autores y colaboradores nos presentan en este número

**“El objetivo es ese, que la divulgación empiece a salir del marasmo en el que se encuentra.”**

varios escritos de carácter histórico, que abordan la relación de la Ciencia y de la Sociedad desde aspectos diferentes: Einstein y su visita a Zaragoza allá por 1923 explicando su tremendamente novedosa Teoría de la Relatividad; los albores de la investigación nuclear y la historia ejemplarizante de cómo se desarrolló la Cultura y la Ciencia en la ciudad holandesa de Leiden. Buenos ejemplos que podríamos seguir teniendo en cuenta en esta triste realidad que nos está tocando protagonizar.

Nuestros colegas matemáticos, de Zaragoza y de fuera, siguen aportando número tras número su grano a esta labor divulgativa, tan ardua y tan poco reconocida. Dos temáticas diferentes, una sobre la puesta en valor de la Estadística en sus múltiples facetas y un segundo aspecto recordándonos que nuestra institución no está sola, y que las relaciones entre colegas

se imponen a realidades administrativas poco ilusionantes. Es gratificante recoger elogios de personas que nos han conocido.

Como en casi todos los números, siempre hacemos un guiño a la originalidad. Esta vez a través de dos participaciones poco frecuentes. Qué es la Ciencia y cómo se debe entender es algo que nosotros, los científicos, no nos cuestionamos porque pensamos que todos tenemos la misma idea. Aunque ello sea claramente falso. Por eso, la visión de un hombre de letras nos puede servir de argumento de reflexión. Es bueno saber qué opinan aquellos que no ejercen nuestra misma actividad. Ya se sabe que cada uno tenemos varias imágenes, siendo las más extremas la que tenemos de nosotros mismos y la que los demás tienen de nosotros. Casi nunca son coincidentes. Pero ello no es malo. Simplemente es una realidad.

La otra perla de este número corresponde al trabajo personal, y muy meritorio, de uno de nuestros "jovencitos" del Senatus. La relación entre música y matemáticas es conocida desde Pitágoras y su escuela, pero leerlo, y escucharlo en la versión digital, es una delicia. Os lo recomiendo muy encarecidamente.

**“Ladran, luego cabalgamos.”**

J. W. van Goethe

Finalmente, ya que esto es una publicación de carácter divulgador, hemos escrito algunas líneas sobre la situación de la divulgación científica en nuestro país, y el papel que desempeñan en la misma los actores principales. Tengo claro que no todo el mundo estará de

acuerdo. Pero el objetivo es ese, que la divulgación empiece a salir del marasmo en el que se encuentra. Como dijo Goethe, aunque se le atribuya erróneamente a Don Quijote, "ladran, luego cabalgamos".

Ya solo queda, estimado lector, que des comienzo a la lectura de un nuevo número de conCIENCIAS. Y como no somos supersticiosos, nos volveremos a encontrar en el número 13.

Ana Isabel Elduque Palomo  
Directora de conCIENCIAS



# MATEMÁTICAS Y MÚSICA

**POR JOSÉ GARAY**

“Para descubrir el origen de la relación entre ambas materias, le basta al lector con pulsar una cuerda de algún instrumento musical.”



**A**nte este título quizá algún lector se pregunte: ¿Qué relación puede existir entre estas dos actividades de aceptación popular tan distinta? Mientras que la Música agrada prácticamente a todo el mundo, eso sí, cada uno con sus gustos, las Matemáticas tienen fama de difíciles y resultan poco atractivas para un buen número de estudiantes.

Pues para descubrir el origen de la relación entre ambas materias, le basta al lector con pulsar una cuerda de algún instrumento musical. Observará que la cuerda se pone a vibrar y al mismo tiempo emite un sonido. Pues bien, el sonido es música y el número de veces que la cuerda oscila en un segundo pertenece a las matemáticas. Así empieza la conexión entre estos dos mundos, el musical y el matemático.

Pero demos nombre a las cosas. Al sonido los músicos lo nombran con una de las notas de la escala musical, y ese número que le asociamos lo llamamos su frecuencia. Si por ejemplo la cuerda que hemos pulsado es la más grave de un violín bien afinado, la nota es un Sol y su frecuencia es 196.

Pero claro, podemos pensar que un sonido no está enteramente caracterizado por su frecuencia ya que una misma nota puede ser producida por instrumentos distintos e incluso por la voz humana y nosotros somos capaces de distinguir de qué instrumento se trata e incluso de qué persona. La explicación es muy sencilla. Así como podemos distinguir diversos tipos de agua por su sabor, debido a las sales que cada uno contiene, también en los sonidos, además de la frecuencia fundamental están presentes en distintas proporciones otras frecuencias llamadas armónicos y que producen el timbre del sonido. Precisamente

mediante sintetizadores podemos mezclar distintos armónicos en la proporción deseada para obtener sonidos que se aproximen lo más posible a un instrumento prefijado.

Uno de los primeros en estudiar este fenómeno de los armónicos fue el físico matemático Fourier (1768-1830), estableciendo, de paso, las bases de una de las ramas más importantes de las Matemáticas, el llamado Análisis Armónico. Y ahora surge una interesante cuestión. ¿Cómo percibimos las distintas frecuencias? Veámoslo escuchando esta sucesión de sonidos con frecuencias crecientes:

330, 440, 523, 660

<http://apphech.com/hidden/sonido-1.mp3>

Podemos observar con satisfacción que cuanto mayor es la frecuencia mayor es la agudeza del sonido. Y decimos con satisfacción porque este hecho nos permite asegurar que existe la Música. Efectivamente, la Música está formada por melodías y una melodía supone fundamentalmente fluctuaciones y variaciones en la

agudeza y gravedad de los sonidos. Si oyésemos todas las frecuencias con la misma agudeza sería como ver todo en blanco y negro. La única música sería la originada por el ritmo.

Hagamos un pequeño paréntesis para comentar la forma de representar las melodías en forma escrita de manera que se puedan transmitir sin necesidad de dejar una grabación acústica. Nos limitaremos al caso más simple de que se trate de una melodía al unísono. Y resuelto este caso el caso polifónico es muy sencillo.

Puesto que una melodía está formada por una sucesión de sonidos podemos proceder en forma totalmente análoga a la escritura de nuestras conversaciones. Asignamos un símbolo a cada nota que forma la melodía y vamos escribiendo estos símbolos de izquierda a derecha en líneas sucesivas.

Por lo que precede parece que el símbolo más adecuado es el número correspondiente a la frecuencia de la nota. Pero, claro, esto es insuficiente, puesto que sabemos que no todas las

notas tienen la misma duración e intensidad. En consecuencia, la sucesión de sonidos en la melodía estaría representada por una sucesión de ternas en cada una de las cuales se representasen frecuencia, duración e intensidad de la nota. Por ejemplo,

[660, 0.25, 2] [623, 0.25, 2] [660, 0.25, 2]  
[623, 0.25, 2] [660, 0.25, 2] [494, 0.25, 4]  
[588, 0.25, 4] [523, 0.25, 4] [440, 0.5, 4]  
[0, 0.25, 0] [262, 0.25, 2] [330, 0.25, 2]

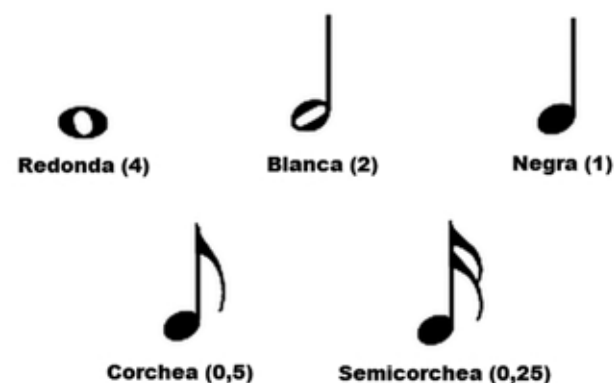
podría representar el principio de una obra musical. Naturalmente la terna [0, 0.25, 0] correspondería a un silencio.

Pero imaginemos que a un pianista le presentan esta partitura para su interpretación. Teniendo en cuenta que un piano normal tiene 88 teclas, el intérprete debería memorizar con soltura ese número de frecuencias. Y además tendría que atender a los otros dos números de cada nota para ver su duración e intensidad. Seguro que ni el legendario Franz Liszt hubiese sido capaz de interpretar la obra.





Pues en este punto hemos de reconocer que las Matemáticas con sus números no dan la mejor solución al problema. Los músicos lo han resuelto ideando unos símbolos a los que llaman notas que informan de la duración del correspondiente sonido. Presentamos algunas con su nombre específico y duración:



Y para ver la frecuencia asociada a cada nota, colocan el correspondiente símbolo en un pentagrama de forma que a mayor altura en el pentagrama corresponde mayor frecuencia.

Así la sucesión anterior de ternas numéricas se convierte en el principio de la tan conocida obra beethoveniana *Para Elisa* (ver figura anexa).

Pero volvamos al tema de la relación entre la frecuencia de un sonido y la agudeza con la que lo percibimos. Antes hemos comprobado que a mayor frecuencia corresponde mayor agudeza. Pues bien, entre los muchos casos de pares de magnitudes que verifican esta relación de a mayor corresponde mayor hay algunos muy especiales en los que además se da el hecho de que a doble corresponde doble. Estos casos se llaman lineales y permiten utilizar la popular regla de tres.

Para ver si la relación entre frecuencia y agudeza de un sonido es lineal o no, vamos a escuchar la siguiente escalera musical. Es lo que se llama una escala cromática (ver figura anexa):

<http://apphech.com/hidden/sonido-2.mp3>

Nuestro oído percibe una escalera en la cual todos los peldaños tienen la misma altura. Es lo que llamamos en Matemáticas una progresión aritmética. Sin embargo, las frecuencias de estas notas, que escribimos a continuación, forman una progresión geométrica de razón igual a la raíz duodécima de 2, aproximadamente 1.06:

262, 277, 294, 311, 330, 349, 370, 392, 415, 440, 466, 494, 523.



Arriba: *Para Elisa*, Beethoven (1867).

Abajo: escalera musical (<http://apphech.com/hidden/sonido-2.mp3>).

Melodía (<http://apphech.com/hidden/sonido-3.mp3>).



Esto nos dice simplemente que la relación entre frecuencia y sensación de agudeza no es lineal sino logarítmica. De hecho, el último peldaño en las frecuencias duplica prácticamente al primero. En otras palabras, los instrumentos musicales o la voz humana producen frecuencias y nosotros oímos sus logaritmos. La base de los logaritmos depende de la unidad que se elija para medir la sensación de agudeza, así como también de la forma para medir la frecuencia. Realmente este hecho es un caso particular de lo que ya en la Edad Media afirmó el sabio árabe Al Kindi (803?-873) cuando dijo que mientras la excitación crece en progresión geométrica la correspondiente sensación lo hace en aritmética.

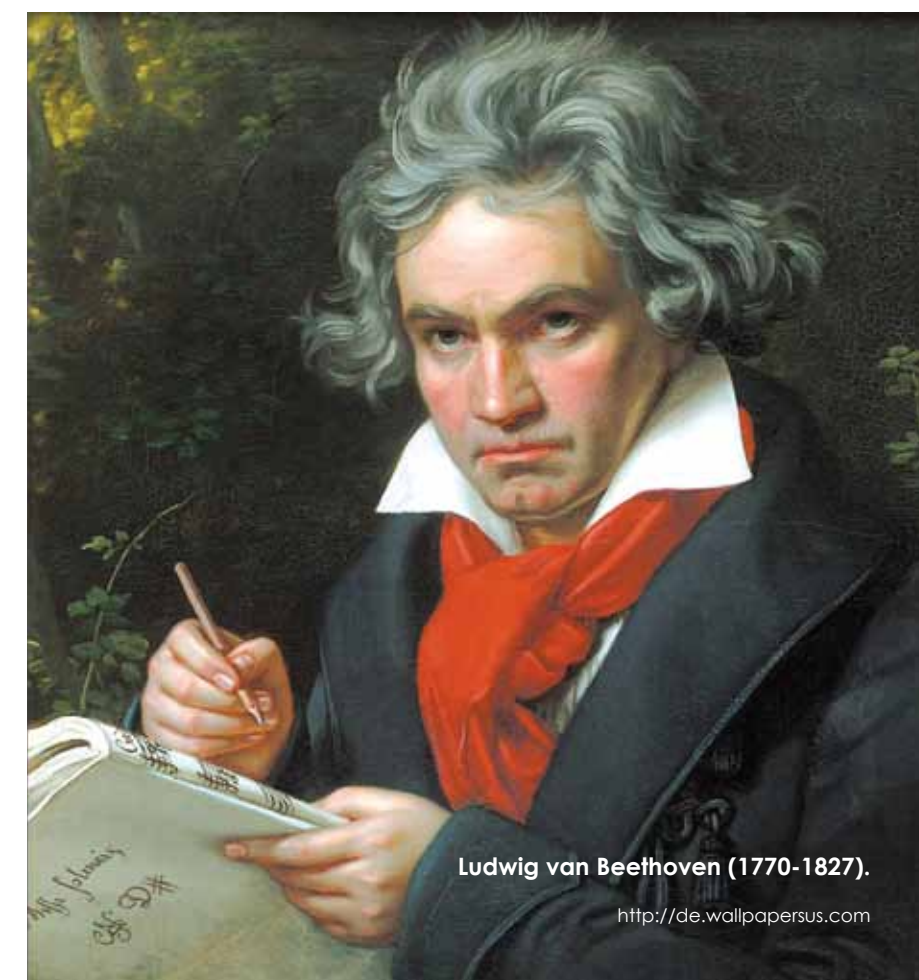
Esta relación logarítmica tiene una interesante aplicación musical cuando modificamos una melodía cambiando su tonalidad. Esto supone que todas las notas son reemplazadas por otras de forma que la razón entre las frecuencias es igual a un número prefijado.

Al hacer esto, si nosotros oyésemos en forma proporcional a las frecuencias, esto supondría que, al menos que el factor fuese la unidad, la nueva melodía sería una modificación de la inicial. Sin embargo no es así, como luego comprobaremos con un sencillo ejemplo. La nueva melodía es la misma inicial trasladada superior

o inferiormente según que el factor elegido sea mayor o menor que la unidad. Y esto ¿por qué? Sencillamente porque como nosotros oímos los logaritmos de las frecuencias sabemos que cuando las frecuencias se multiplican por un factor sus logaritmos se suman con el logaritmo del factor, y en consecuencia la nueva melodía es la misma inicial trasladada exactamente el logaritmo de dicho factor.

Un ejemplo. Supongamos que en la melodía (ver figura anexa):

<http://apphech.com/hidden/sonido-3.mp3>



Ludwig van Beethoven (1770-1827).

<http://de.wallpapersus.com>

multiplicamos todas las frecuencias por 1.5. La nueva melodía es (ver figura anexa):

<http://apphech.com/hidden/sonido-4.mp3>

En términos musicales se dice que hemos cambiado de Sol mayor (presencia del Fa sostenido en la primera versión de la melodía) a Re mayor (presencia de los sostenidos Fa y Do en la segunda versión).

Otro concepto matemático que guarda relación con el mundo musical es el de quebrado. En las composiciones polifónicas es normal la simultaneidad de varios sonidos. Y aunque cada sonido por separado es agradable para nuestro oído, la superposición de dos o más puede ocurrir que no lo sea tanto. Pues bien, en el caso de dos sonidos los quebrados nos dan la solución. Véamoslo con un ejemplo. Oigamos los tres acordes siguientes (ver figura anexa):

Re-La, Re-Sol y Mi-Fa.

<http://apphech.com/hidden/sonido-5.mp3>

Los dos primeros se llaman respectivamente intervalos de quinta y cuarta justa mientras que el tercero es una segunda menor. Ya sabemos que en cuestión de gustos las cosas son opinables, pero en este caso para la mayoría de los oyentes, las quinta y cuarta justas resultan más agradables de escuchar que la segunda menor. De hecho, este tercer acorde es realmente un tipo de disonancia. Y ¿qué tiene que ver esto con los quebrados? Pues si para acorde escribimos un quebrado formado por las frecuencias de sus notas y lo simplificamos obtenemos:

$La/Re = 3/2$ ;  $Sol/Re = 4/3$ ;  $Fa/Mi = 16/15$ .

Vemos que los quebrados correspondientes a los acordes más agradables para la mayoría están formado por números (3,2) y (4,3) más pequeños que el de la disonancia (16,15). Pues esta, que podríamos llamar regla de la sencillez, es general. De hecho solo hay dos quebrados más sencillos que los anteriores que son 1/1 que corresponde al unísono y 2/1 que corresponde al par formado por una nota y su octava. Por

Arriba: melodía (<http://apphech.com/hidden/sonido-4.mp3>).  
Abajo: Re-La, Re-Sol y Mi-Fa (<http://apphech.com/hidden/sonido-5.mp3>).



cierto, también las disonancias son a veces utilizadas por los compositores para crear una cierta tensión que luego se resuelve con un acorde más agradable.

Terminamos esta revisión de conceptos matemáticos relacionados con la música con un último que suele asociarse con la Geometría, el concepto de simetría. Pero no es necesariamente geométrico este concepto, también puede ser temporal. Si elegimos un instante como origen, una sucesión de sucesos será simétrico respecto de este instante cuando dos sucesos equidistantes del origen elegido, uno anterior y otro posterior, coincidan. En el caso de una melodía musical ha habido grandes compositores que han compuesto piezas simétricas, de forma que igual da tocarlas de izquierda a derecha o en sentido contrario. Es lo que se llama movimientos retrógados o cancrizantes. Incluso Mozart tiene un scherzo duetto para dos violines de manera que uno de ellos empieza por la derecha de la partitura y el otro por la izquierda.

A continuación, presentamos al lector, para que se entretenga, una pieza A que es la simétrica temporal de otra muy conocida B, invitándole a que adivine B escuchando A:

A: <http://apphech.com/hidden/sonido-6.mp3>

B: <http://apphech.com/hidden/sonido-7.mp3>

**“En el caso de una melodía musical, ha habido grandes compositores que han compuesto piezas simétricas, de forma que igual da tocarlas de izquierda a derecha o en sentido contrario.”**

Naturalmente, no presentamos las correspondientes partituras para no dar ventaja a los conocedores de la escritura musical.

Hasta aquí hemos hablado de algunos hechos matemáticos que hay dentro de la Música. Pues si el amable lector me lo permite, terminaré este escrito refiriéndome brevemente a algunos aspectos musicales, que quien esto escribe ha asociado a algunos conceptos matemáticos. Concretamente, música asociada a sucesiones de cifras. Si de alguna manera hacemos corresponder a cada cifra una nota musical, cada sucesión de cifras se transforma en una melodía y si memorizamos la melodía podemos escribir inmediatamente la sucesión numérica que la originó. Esta idea tan sencilla permitió al autor de estas líneas memorizar en su época de estudiante varios números importantes y, entre ellos, muchos logaritmos con 21 cifras decimales que había que utilizar en la asignatura de Astronomía.





Las 34 cifras de  $\pi$  comprendidas entre los lugares 886 y 919 (<http://apphech.com/hidden/sonido-8.mp3>).



Presentamos, para terminar, un par de composiciones de esta, llamemos, música numérica. La primera corresponde a aquella ya lejana época a la que me he referido y la segunda es más moderna y de cierta actualidad. La primera es una breve partitura extraída de otra más amplia compuesta con las mil primeras cifras del número  $\pi$ . En la sección que exponemos, a continuación, solamente aparecen las 34 cifras de  $\pi$  comprendidas entre los lugares 886 y 919 (ver figura anexa):

<http://apphech.com/hidden/sonido-8.mp3>

La segunda y última composición numérica que presento la compuse con motivo de la aparición del euro. Mi amigo y colega J.L. Arregui me hizo ver que entre el número áureo y el número de pesetas que hay en un céntimo de euro hay una diferencia de solo centésimas. Este hecho permite afirmar que, en la conocida sucesión de Fibonacci, dos términos consecutivos son prácticamente equivalentes en sentido monetario cuando el primero se exprese en céntimos de euro y el segundo en pesetas. Pensé que esta pro-

piedad privilegiada de nuestra vieja peseta se merecía una composición musical, utilizando mi antigua técnica.

Por analogía llamé *número éureo* al que pasa de céntimos de euro a pesetas con lo cual tenemos los dos números :

$\alpha$  = número áureo = 1.61803....

$\varepsilon$  = número éureo = 1.66386

Y aquí me encontré con una grave dificultad. El número  $\alpha$  tiene infinitas cifras por ser irracional y me permite componer toda la música que quiera, pero el  $\varepsilon$  solo tiene cinco cifras decimales significativas, con lo cual mi composición solo se compondría a lo sumo de seis notas. El problema lo solventé pasando ambos números a base 5, con lo cual  $\alpha$  no pierde su irracionalidad y, por lo tanto, continúa con infinitos

decimales, mientras que  $\varepsilon$  pasa a ser periódico mixto, con un período de 4 cifras.

El resultado es la siguiente composición en la que se representa un diálogo y danza entre las dos monedas, peseta y euro, donde la peseta, como moneda vieja, es representada por los violonchelos y el recién nacido euro es interpretado por los violines (ver figura anexa):

<http://apphech.com/hidden/sonido-9.mp3>

José Garay

Miembro del Senatus Científico  
Dpto. de Matemáticas  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza



Composición (<http://apphech.com/hidden/sonido-9.mp3>).





# LA CIENCIA VISTA POR UN HOMBRE DE LETRAS

**POR JOSÉ LUIS DE ARCE**

“La Ciencia es tanto un producto humano como lo es el Arte, la Literatura o la Música.”



## La Ciencia vista por un hombre de letras

**L**a Decana de la Facultad de Ciencias y directora de esta revista, Ana Elduque, ha tenido la gentileza de invitarme a escribir sobre la visión que un hombre de letras pueda tener sobre la Ciencia; tema sobre el que tuve ocasión de reflexionar en una charla que impartí en el ciclo "Encuentros con la Ciencia" invitado por el Colegio de Físicos de Aragón y la Real Sociedad Española de la Física. De modo que me voy a permitir transcribir en las líneas que siguen un extracto de lo que fue mi intervención en dicho acto.

Hombre de letras... ¿Por qué esa distinción discriminatoria si es que a los humanos todo lo que es humano debiera interesarnos? La Ciencia es tanto un producto humano como lo es el Arte, la Literatura o la Música.

Una primera y aproximativa idea de porqué hay gentes a las que se califica de letras o de ciencias se debe a que unos abrazan unos estudios, una formación y unas profesiones diferenciadas por la forma en que ven el mundo,

la realidad, la vida. Hay quien, contemplando la luna una noche estrellada siente un arrebató romántico y compone un poema, una canción, una historia; y habrá quien, embebido ante la profundidad del espacio que tiene ante sí especula rápidamente la distancia que le separará del satélite, cuáles serán sus medidas, si habrá en él alguna clase de vida, cómo se podría llegar hasta allí. Sin duda, todos estaremos de acuerdo en que, en principio, el primero es un hombre de letras y el segundo uno de ciencias.

El primero se desahoga dando rienda suelta a su imaginación, a su inspiración, a su estro poético. Y ahí termina su relación con la luna; y termina, seguramente, satisfecho.

El segundo, sin embargo, va a entrar en una fase de análisis y estudio para dar respuesta a esas preguntas que le han surgido de su forma de contemplar las cosas. Puede que resuelva de inmediato algunas aplicando conocimientos técnicos o empleando herramientas de cálculo y medición. Pero siempre le quedarán incógnitas sin resolver, porque el mundo es muy

***"Una obra de arte que sea realmente acabada no envejecerá jamás. En la Ciencia, todos sabemos que lo que hemos producido hoy habrá quedado anticuado dentro de diez o veinte o cincuenta años."***

Max Weber

grande y, aunque se avance cada día en su conocimiento, siempre hay algo más allá. Eso espolea el interés del científico en descubrir ese algo más y, en cierto modo, le crea una cierta insatisfacción.

Tengo un amigo que sostiene la tesis de que los científicos son todos un poco frustrados precisamente por esa condición que les acompaña de que siempre están buscando algo; y cuando lo encuentran se dan cuenta de que detrás hay

algo más que hay que seguir buscando; y así sucesivamente... O, ¿acaso podemos creer que con el descubrimiento del bosón de Higgs hemos completado definitivamente nuestros conocimientos de la materia subatómica? Esta misma condición de la búsqueda permanente que caracteriza al científico ya la escribió Max Weber en sus trabajos recogidos en el libro "El político y el científico". Dice Max Weber: "Una obra de arte que sea realmente acabada no será nunca superada, ni envejecerá jamás. El individuo podrá apreciar de manera distinta la importancia que para él tiene, personalmente, esa obra, pero nadie podrá decir, nunca, de una obra que esté lograda en sentido artístico que ha sido superada por otra que también lo esté. En la Ciencia,



Max Weber (1864-1920).

<http://cuadernodetrabajo.wordpress.com>

por el contrario, todos sabemos que lo que hemos producido hoy habrá quedado anticuado dentro de diez o veinte o cincuenta años".

Yo estaría en el primer caso; aunque me saliera un mal verso o una mala canción. Ese ser contemplativo sería un hombre de letras. El otro, el analítico, bien podría ser un hombre de ciencias. Es, quizá, ¿una cuestión de sensibilidad?

Pero hay otra cuestión que, al menos en España y en la España de nuestras generaciones, ha incidido "ab origine" en este asunto de la separación entre las ciencias y las letras. Estamos, una vez más, y nada menos -y es para que todos tomemos buena nota-, ante un problema de EDUCACIÓN.





## La Ciencia vista por un hombre de letras

Me explicaré. Hay momentos en el proceso educativo, sobre todo en un tipo de educación que trata de meter con sangre el número o la letra, en el que hay objetos que se atascan y cuesta meterlos en la cabeza de algunos estudiantes. La exposición inadecuada de estos objetos o a estos objetos – declinaciones del latín, traducciones del griego, problemas de grifos que llenan piscinas o trenes que salen de Barcelona y de Madrid y se encuentran no sé a qué hora en Zaragoza en función de la velocidad y la distancia, - esa exposición inadecuada puede provocar alergia cultural.

**“Hay otra cuestión que, al menos en España, ha incidido en este asunto de la separación entre las ciencias y las letras. Estamos, una vez más, y nada menos, ante un problema de EDUCACIÓN.”**

Es seguro que los métodos de enseñanza en sí mismos, por no hablar de las actitudes y aptitudes de profesores y maestros, han creado alérgicos a unas cosas u otras, y esos jóvenes estudiantes han buscado refugio en lo que les era o parecía más asequible. Unos lo han hecho en las denominadas letras y otros han buscado ese refugio en las ciencias. De modo que algunos llegamos, habéis llegado, a donde estamos o estáis por accidente, no por elección. Esa alergia a los trenes, a los grifos y no digamos otras figuras matemáticas como los logaritmos, cosenos, ángulos y quebrados terminan por producir aversión y alergia a los números; al igual que el aoristo del verbo “lío”, los tiempos irregulares de ciertos verbos latinos y la batalla de las Termópilas son asuntos insuperables para otros colectivos de estudiantes. Así de simplemente surgen muchas veces esas fallidas vocaciones hacia las letras o hacia las ciencias. Por reducción al absurdo. O sea que quizá lo mío sea una huida de los trenes... Aunque

una cosa es desentenderse de aquello que no gusta y otra bien distinta es ignorarlo por completo, posiblemente con una ignorancia culpable.

Un ejemplo clamoroso, y quizá también algo culpable por la frivolidad de no comprobar tus propias cuentas y de ignorar alegremente el mínimo rigor que las cuatro reglas exigen a todo ser humano, es aquél artículo de la escritora Almudena Grandes que escribió una columna en El País con el fin de criticar al Presidente Obama y su plan para reactivar la economía en 2009. Basaba su diatriba antiyanqui en una simple división: dividía los 775 mil millones de dólares del plan de Obama entre los 6.700 millones de habitantes del planeta, lo que según ella, que además trataba de demostrarlo, salía que a cada habitante de la Tierra nos tocaba a 115 millones de dólares. Y sobre esa base, condenaba a Obama, al capitalismo y al sursum corda por egoísta y por no repartir entre los desheredados del mundo semejante montón de pasta.

La red, como suele ocurrir en tantos casos, se puso a hervir y a hacer bien la división; y enseguida reprocharon a Almudena Grandes su error, advirtiéndole que el resultado correcto eran 115 dólares por habitante del planeta y no sus 115 millones. Con lo que, además, se desbarataba su argumento y su soflama anticapitalista. A la vista de lo cual tuvo que escribir una fe de erratas y un mensaje de disculpa:

*“Quiero pedir disculpas a todos los lectores de ciencias, y a los de letras también, por mi ineptitud aritmética. He suspendido matemáticas muchas veces en mi vida, pero nunca lo he merecido tanto como después de escribir mi columna”. Y se quedó tan fresca.*

Yo creo que nunca fui suspendido en matemáticas, aunque sí debo reconocer que se me atragantaron. Un profesor brusco y poco pedagogo, bajo mi punto de vista, claro está, fue el causante de mi distanciamiento de las Matemáticas, puerta de las ciencias, aunque recuerdo que se me daba bien la Cristalografía, la tabla de los elementos y sus combinaciones y las leyes de Mendel. Así que desde el principio, por exclusión, me apunté a las letras y a todo lo que significaban.

Sin embargo la vida me depararía algunas sorpresas. Tras mi carrera de Derecho fui al IESE a completar mi formación para dedicarme al mundo de la economía y de la empresa con un MBA de los de verdad. Allí me esperaba el análisis matemático, la programación lineal y la iniciación a la informática con aquellas endiabladas máquinas que eran los gigantescos ordenadores de la Bull-General Electric y los más pequeños pero no menos endiablados sistemas 3 de IBM, con sus fichas de Fortran IV y sus tarjetas perforadas. Las pasé canutas, pero las pasé.

Luego vino mi vida profesional, dedicada a actividades diversas y, entre ellas, nada menos



<http://www.salon.com>



<http://www.cbc.ca>

que una larga temporada en la Banca. Análisis y estudios de balances, proyectos de inversión, financiaciones, operaciones de bolsa, créditos... Para qué les voy a contar. Números, números y más números. También superé esa etapa, que siempre compatibilicé con mi dedicación a actividades literarias, a leer, a la cultura y a escribir.

De modo que siempre me he considerado un hombre de letras y, en conclusión, que por haber practicado casi siempre unos estudios y una dedicación al mundo de las letras y por haber tenido desde niño esa aversión a las Matemáticas que he señalado, puedo considerarme propiamente un hombre de letras. Lo que no impide que de alguna forma admire y hasta cierto punto envidie a ese otro contemplativo de la luna que le produce reacciones tan distintas a las que yo tengo.

¿Quiere eso decir que las ciencias, o la Ciencia, me es ajena? ¿Puedo prescindir, como persona interesada por el mundo en el que vivo, de tener un concepto y hasta una valoración de la Ciencia? Tengo un hijo que es físico y teleco, y esa podría ser una razón más que suficiente para que sienta en mi propia carne la llamada de la Ciencia por muy arcana que para mí pueda resultar; pero quiero declarar ahora que nunca la Ciencia me ha sido ajena y que desde luego siempre he sentido curiosidad e interés por acercarme a ella, quizá más a sus resultados empíricos y a su metodología que a las formulaciones abstractas y a sus principios. No en vano nuestras vidas están afectadas por las consecuencias de la Ciencia, y no podemos negar que sus concreciones materiales en forma de tecnología nos rodean, mejoran nuestra vida, aumentan el confort, reducen las necesida-

des vitales de quienes tienen acceso a ellas y abren nuevos caminos y perspectivas a la humanidad.

Desde este punto de vista, a cualquier persona de letras, o a cualquier persona en general, debiera admirarle la Ciencia y lo que es capaz de conseguir; las imágenes de galaxias remotas, la secuenciación del ADN de cada uno de nosotros, las comunicaciones y el ancho de banda disponible que nos rodea, la medicina y la miniaturización de los sensores; avances como el grafeno, los chips compatibles con los seres humanos, la exploración espacial con sus aplicaciones derivadas a la industria, el transporte, la medicina... todo lo que está a nuestro alrededor y que se basa en una mejora sistemática de la naturaleza a través de su comprensión y dominio. Todo esto me merece admiración y un gran respeto.

Ya he dicho que hay cuestiones de la Ciencia que me resultan abstrusas y hasta insoportables. Me es imposible leer a Popper, a Heisenberg o entender a Einstein; pero quiero conocerlos, saber quiénes eran, qué pensaban y cuáles han sido sus aportaciones a la Ciencia y al pensamiento. Me atrae más la literatura de los divulgadores de la Ciencia, cuestión esta muy importante para que el gran público, y no solo los de letras, se acerquen al soberbio acervo de conocimiento que comporta el conjunto de las ciencias en nuestro tiempo. Gentes como Asimov, Carl Sagan, Fred Hoyle, Desmond Morris, el mismo Stephen Hawking, el comandante Cousteau, por citar a algunos; me viene a la cabeza alguien como Al Gore, vicepresidente con Clinton y conocido medioambientalista, autor del documental "Una verdad incómoda" que divulga la problemática

medioambiental, que no deja de tener su contenido científico, analítico y prospectivo; por citar a algún español citaré a Manuel Toharia, activista de la divulgación científica y creo que colaborador también con la Real Sociedad Española de Física.

Todos ellos son autores de libros y documentales, series para la televisión, que se dirigen a millones de seres tratando de despertar en ellos la curiosidad y el atractivo por la Ciencia. Son los "relaciones públicas" de la Ciencia, al igual que lo son los portavoces y departamentos de información y divulgación que existen en las universidades y centros de investigación de Norteamérica. La Ciencia devuelve así a la sociedad una parte de los recursos que esta pone a su disposición, y creo que este ejemplo debiera ser copiado en España, el día en que por fin la Universidad decida abrir sus puertas al exterior y dejar de ensimismarse en su propio y limitado mundo. Hablo en general, claro está; siempre hay excepciones y meritorias iniciativas, como las que protagonizan los colegios de Físicos y la Real Sociedad Española de Física, que patrocina y organiza con frecuencia numerosos eventos, conferencias de divulgación y semanas de la Ciencia.

También es necesario acercar la Ciencia a la escuela; hacer que el niño se interese por el mundo y sus procesos, que le pierda el miedo a ese concepto complejo que entraña la palabra Ciencia. Y eso es un asunto que compete en buena parte a los docentes, y, por supuesto, a los padres.

Llamo la atención de los científicos y de los académicos de la Ciencia hacia esta responsabilidad que entiendo deben tener para propagar y difundir sus estudios y descubrimientos, las aplicaciones y explicacio-

**“Todo lo que está a nuestro alrededor y que se basa en una mejora sistemática de la naturaleza a través de su comprensión y dominio. Todo esto me merece admiración y un gran respeto.”**

**“A cualquier persona de letras, o a cualquier persona en general, debiera admirarle la Ciencia y lo que es capaz de conseguir.”**





Pirámides de Egipto.

<http://www.lake-lehman.k12.pa.us>



La Tierra vista desde la Luna.

<http://spanish.bilinkis.com>

### “¿Quién puede dudar que sin los conocimientos de Astronomía legados por Mesopotamia y Egipto hubiera sido posible la actual investigación espacial?”

nes de sus experiencias en un intento decidido de aproximación a la sociedad. Apelo a que no se haga hincapié en la distinción y menos aún en el antagonismo, entre las ciencias y las letras. El modelo humanista, arquetipo del hombre culto y completo del Renacimiento y antecedente de nuestro modelo del saber y del ser ilustrado contemporáneo es un hombre que no pone límites al conocimiento y se comporta como un verdadero científico por cuanto la duda y la introspección son sus modos de avanzar en la comprensión del mundo. Esa duda, de raíz profundamente científica, e inequívoca señal de inteligencia, como la definiera el escritor argentino Jorge Luis Borges, ha sido y es la clave del progreso de la humanidad. Quien así piense, ¿cómo va a ignorar y menos despreciar la Ciencia?

Se supone que un hombre “de letras” ha dado un repaso a la Historia y se ha encontrado en ese recorrido con hombres y nombres que han protagonizado los acontecimientos históricos. Ha visto, claro está, a emperadores, reyes, líderes, caudillos, guerreros, papas y fundadores de religiones; pero se ha encontrado también con otros grandes hombres, quizá con menos afán de protagonizar la Historia aunque con el paso del tiempo la Historia los ha hecho protagonistas. Hombres y nombres – y mujeres también, más recientemente – que pueden clasificarse en ambos bandos, por decirlo así, o sea en el de las ciencias o el de las letras. Culturas y personas que han hecho decisivas aportaciones al desarrollo de la humanidad,

y que a modo de estratos han ido depositando capas de conocimiento sobre las que otras se han sustentado. Permitiendo así un avance sistemático, transmitiendo observaciones y conclusiones, formulando hipótesis... ¿Quién puede dudar que sin los conocimientos de Astronomía legados por Mesopotamia y Egipto hubiera sido posible la actual investigación espacial?

Cuando uno se acerca a estudiar la Historia de la Filosofía tiende a simplificar las cosas si cree que los grandes nombres con los que se encuentra son clasificables en el sector de las letras. Aristóteles, Arquímedes, Pitágoras fueron, sí, filósofos; pero muchos de ellos pusieron algunos fundamentos de las ciencias que han perdurado hasta nuestros días. La potencia y proyección de su pensamiento los coloca entre los primeros científicos, a los que luego siguieron gentes como Copérnico, Galileo o Leonardo. Algunos incluso fueron condenados por pensar.

Y citaré ahora mis cinco “trending topic” con los que me he intentado explicar los orígenes más recientes de las ciencias experimentales: Isaac Newton, por lo que se refiere a la Física

y a la Astronomía; Gottfried Leibniz, gran filósofo y matemático, padre de la Ciencia de la Computación; Michael Faraday, todo sobre la Electricidad; Antoine de Lavoisier, uno de los pilares de las Ciencias Químicas; y Charles Darwin, revolucionario con sus conocimientos de las Ciencias Naturales y la evolución de las especies. Por cierto, leí hace poco un voluminoso libro de Harry Thompson, titulado “Hacia los confines del mundo” que relata el viaje del Beagle por los mares del sur para cartografiar las costas del cono sur americano, en el que su capitán, Fitz Roy, mantiene interesantes conversaciones con Darwin, embarcado en ese viaje para hacer estudios e investigaciones biológicas. En muchas de ellas se hacen reflexiones profundas sobre el concepto mismo de la Ciencia.

- ¿Y qué me dice del milagro de la creación? – interroga Fitz Roy a Darwin.
- Pienso que Dios creó todas las cosas, pero no se cómo. Quizá hubo un principio de azar – responde Darwin.

He aquí uno de los principios de la Ciencia, al que creo antes ya me he referido: preguntarse





La Escuela de Atenas, Rafael (1512-1514).  
www.wikipedia.org

siempre y de forma sistemática el porqué de las cosas. Reconocer la propia ignorancia. Cuestionarse lo que otros aceptan y consideran como grandes y únicas verdades. Dudar. Citaré a Bertrand Russell, otro gran filósofo, matemático, pensador, híbrido entre las ciencias y las letras (fue premio Nobel de Literatura en 1950): "En todas las actividades es saludable, de vez en cuando, poner un signo de interrogación sobre aquellas cosas que por mucho tiempo se han tenido como seguras".

Y luego vino el siglo XX, con una pléyade de científicos en todas las ramas del saber que impulsaron a la Ciencia como jamás antes había sucedido. Es difícil dar sus nombres, o los nombres más significativos. ¡Hay tantos! ¡Hay tanto esfuerzo, tanta dedicación, tanto estudio, tanta renuncia! Eso es también la Ciencia: ese trabajo silencioso, tenaz, poco lucido, humilde y desconocido muchas veces, efectuado sin apoyos en la oscuridad de un gabinete, un laboratorio o una especulación que puede conducir a la locura. Quizá los premios Nobel, establecidos al

**"Aristóteles, Arquímedes, Pitágoras fueron, sí, filósofos; pero muchos de ellos pusieron algunos fundamentos de las ciencias que han perdurado hasta nuestros días."**

comienzo del siglo XX, y en los que se constata una presencia abrumadora de científicos, puedan darnos una idea de lo que ha significado la Ciencia en el siglo pasado.

De su repaso se concluye que está clara la tendencia de los españoles a practicar más las letras que las ciencias. O quizá, visto de otro modo, España sigue sin pesar de forma significativa en el conjunto científico del mundo. A pesar de que deben reconocerse algunos esfuerzos importantes, participación en proyectos internacionales vinculados al CERN, a la investigación espacial, a la Biomedicina y a la Aeronáutica así como actuaciones individuales aisladas.

Pese a ello, digo, España ha perdido puestos en el ranking mundial de potencia científica y las perspectivas no son precisamente halagüeñas. ¿Es un problema de recursos? ¿De vocaciones? ¿De la Universidad, como incubadora del interés por la Ciencia? ¿De la ausencia de un programa político audaz y ambicioso que hable mucho menos de la famosa I+D+i y haga mucho más, de verdad, en su favor?

Todo esto son también cuestiones que afectan a la Ciencia y a mí me interesa cómo evolucionan y cómo se resuelven, porque estoy convencido de que sin un vivero de científicos, centros y programas de investigación, no es posible alcanzar una sociedad moderna, avanzada, próspera y equilibrada. Por eso me apena profundamente que numerosos jóvenes españoles, técnicos, ingenieros, licenciados y docto-

res tengan que irse al extranjero tras haberse formado entre nosotros, con nuestros recursos, para encontrar una forma de vivir y para aportar a otros países el caudal de su trabajo y sus conocimientos. ¿Qué tendríamos que revisar? ¿Qué recortes alternativos podríamos emprender? ¿Se los digo o ya se los imaginan?

Se dice que la Ciencia es impredecible, pero pese a ello permítanme dos palabras sobre mi visión de cómo la Ciencia puede evolucionar en el futuro. Primero, hay mucho material de prospectiva desde mediados del siglo pasado hasta llegar a los actuales "think tank" que pueblan lugares aledaños a gobiernos y a las mejores instituciones académicas. El Club de Roma, organismos de Naciones Unidas, la Trilateral y hasta ese famoso y misterioso Club Bildeberg movilizan y monitorizan cuantiosos recursos y



Acelerador de partículas del CERN (Grenoble, Francia).  
<http://user.web.cern.ch>





expertos, entre ellos científicos, para diseñar escenarios futuros. En segundo lugar, podemos decir que hoy viven en el mundo el 90 por ciento de los hombres de ciencia e investigadores que han existido a lo largo de la Historia, lo que supone un enorme volumen de capacidad instalada "pensante". Tercero, estos millones de científicos están intercomunicados entre sí como nunca hasta ahora había sido posible mediante los desarrollos de la Informática; ello determina la posibilidad de sinergias hasta ahora desconocidas y acelera la construcción de sus hipótesis, tesis y conclusiones, propiciando los trabajos en equipo y los grupos de investigación multidisciplinares. Cuarto, el potencial de ayuda que son los ordenadores e internet,

**“El desarrollo científico es uno de los vectores del crecimiento, del emprendimiento empresarial, de la creación de empleo.”**

que pone al alcance de los hombres de ciencia una capacidad de cálculo e información inédita hasta la fecha.

Este gigantesco potencial está ya en marcha en el ámbito de la Ciencia; está por venir la verdadera era de los descubrimientos y la revolución de las formas y modos de vida del género humano. Esto no es ciencia "ficción", sino una hipótesis de ciencia "afición". Así lo han visto también, en esta perspectiva, autores como Denis Gabor, Herman Khan, Servan Schreiber o Alvin Tofler. Repasar ahora los libros que escribieron hace 50 años es toda una lección sobre la adivinación del futuro y la constatación de que los asuntos de fondo por los que se preocupa la comunidad científica siguen siendo básicamente los mismos; y entre los principales, la Biomedicina, la Cibernética y la tecnología de los recursos naturales.

Veo, pues, la Ciencia, con interés y con preocupación. Con interés por sus logros, por su expansión exponencial, por la amplitud de los campos que abarca y la profundidad de sus

trabajos, por sus consecuencias propicias para los hombres. El desarrollo científico es uno de los vectores del crecimiento, del emprendimiento empresarial, de la creación de empleo. La Ciencia es sabiduría, comprensión, entendimiento, serenidad. Y como tal, no puedo menos que aceptar y celebrar con entusiasmo la presencia de la Ciencia en nuestra vida cotidiana y las noticias de sus logros.

Me preocupa la desviación de la Ciencia al servicio de la maldad, de la destrucción; la perversión de que se ponga al servicio del poder, de cualquier poder, y pierda su libertad e independencia; me preocupa que pierda el apoyo de los poderes públicos y de los presupuestos; me preocupa que se ningunee o se menosprecie; me preocupa que pierda un puesto relevante entre las actividades más nobles e importantes de la arquitectura social; me preocupa el desánimo de los científicos, su falta de estímulo. La Ciencia se basa en la investigación, y esta debe producirse con intensidad, exclusividad y tranquilidad ambiental. Ya basta con la agitación interior que abrumba al científico en sus procesos de descubrimiento. En la Ciencia no cabe el pluriempleo ni la frivolidad, no se puede repicar y estar en la procesión, por duro que esto pueda parecer. Claro que esto es también una simple reflexión de alguien que se dice de letras y que piensa que sin esfuerzo y sacrificio no hay jamás éxito.

Y creo, para ir terminando, que todos debemos mucho a la Ciencia. Parodiando a Winston Churchill, cuando elogiaba las hazañas de la Royal Air Force en la defensa de Inglaterra, diría aquello de que *"nunca tantos debemos tanto a tan pocos"*.

Acabaré con el matemático Euclides, a quien por cierto habrán visto ustedes citado por Abraham Lincoln en la excelente película de Spielberg sobre la vida del Presidente de Estados Unidos que acabó con la esclavitud. *"Si dos cosas son iguales a una tercera, son iguales entre sí"*, recuerda Lincoln; pero va más allá de Euclides, y desarrolla el pensamiento matemático con una conclusión filosófica: el valor de la igualdad conduce a la libertad.

Un caso en que una formulación científica nos lleva a explicar y a valorar dos grandes sueños de la humanidad de dimensiones inabarcables: la igualdad y la libertad. Si la Ciencia, señores, vale para esto, ¡Viva la Ciencia!

José Luis de Arce  
Abogado - MBA IESE



Estatua de Abraham Lincoln (Washington, EEUU).  
<http://upload.wikimedia.org>



# LA EDUCACIÓN...

# ...UN PROYECTO GLOBAL DESDE LA FACULTAD DE CIENCIAS

*Con los estudiantes de Secundaria y Bachillerato.*

**Jornadas de Puertas Abiertas**

**Visita de Profesores a Centros de Secundaria**

**Semana de Inmersión**

**Campamentos Científicos (FECYT)**



**Jornadas de Acogida**

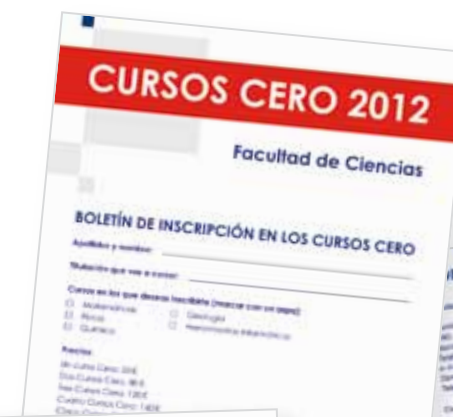
**Cursos Cero**

**Plan Tutor**

**Cursos de Formación**

**Ciclo de Salidas Profesionales**

*Con nuestros estudiantes.*



*Con nuestros titulados.*

**Ciclo de Salidas Profesionales**

**Ciclos de Conferencias**

**Bolsa de Empleo**

**Puentes de Comunicación con nuestros Antiguos Alumnos**



A photograph of two large, dark, cylindrical cooling towers of a nuclear power plant. They are silhouetted against a bright orange and yellow sunset sky. A plume of white steam or smoke rises from the left tower. The towers and the sky are reflected in the calm water in the foreground. The overall scene is peaceful yet industrial.

# LOS COMIENZOS DE LA ERA NUCLEAR

POR RAFAEL NÚÑEZ-LAGOS

“Hace poco que se ha cumplido el septuagésimo aniversario de la primera vez que el hombre consiguió iniciar y mantener controlada una reacción nuclear en cadena.”

Central nuclear de Watts Bar, estado de Tennessee (EEUU).

<http://www.flickr.com> (Chuck Sutherland)

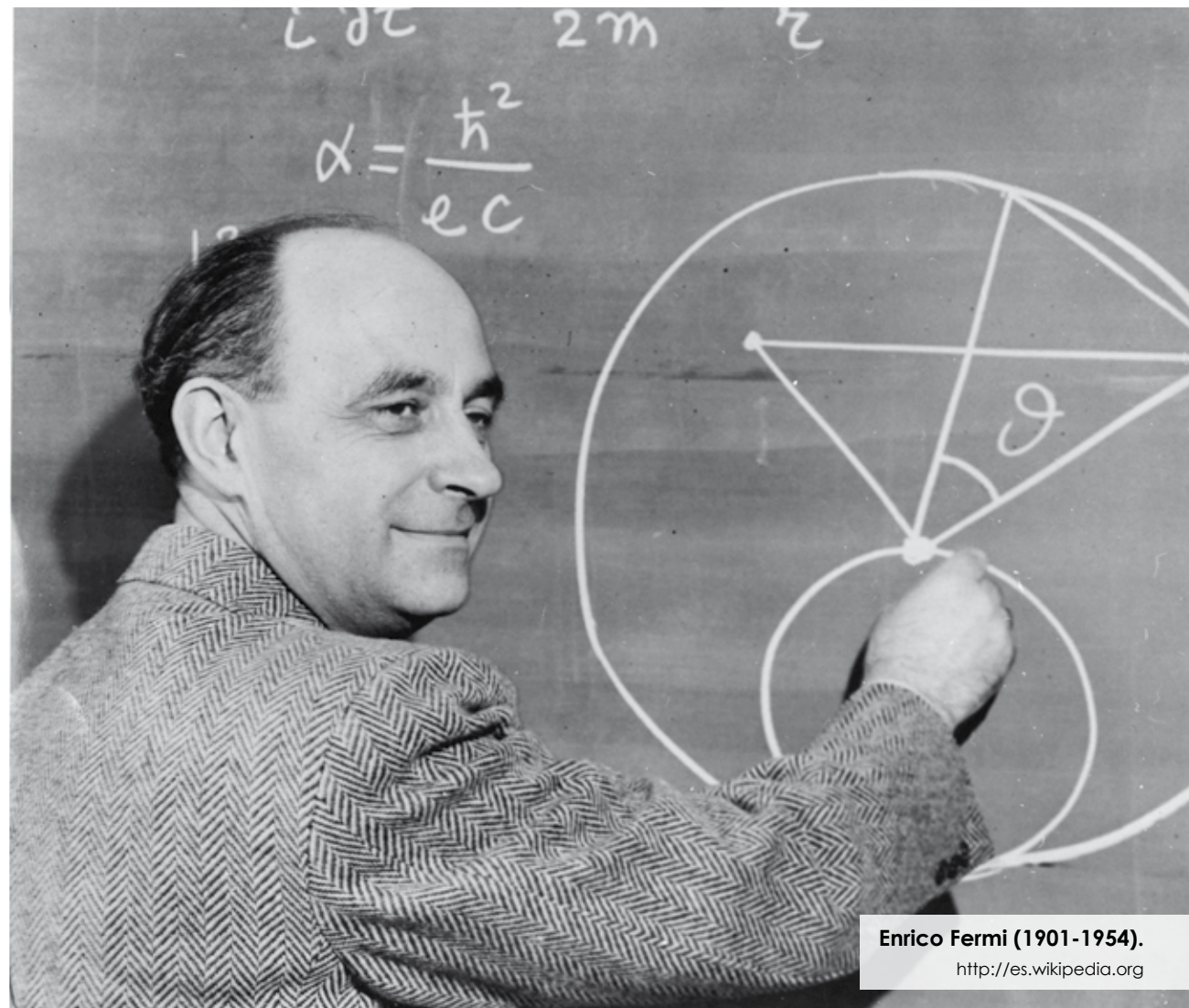


## Los comienzos de la era nuclear

**N**o sabemos si actualmente estamos todavía en la era atómica o ya han comenzado otras eras como la era informática, la era internet o la era del móvil. Lo que sí es cierto es que en su aspecto pacífico la energía nuclear sigue siendo un sistema de producción de energía eléctrica que supone alrededor del 15% de la producción mundial de electricidad, sin emisión de gases de efecto invernadero, y en su faceta bélica todavía pende sobre nosotros el fantasma de un conflicto nuclear, dos ejemplos podrían ser Irán y Corea del Norte. En la vida cotidiana y en los medios de comunicación se utilizan indistintamente, en este contexto, las palabras atómica y nu-

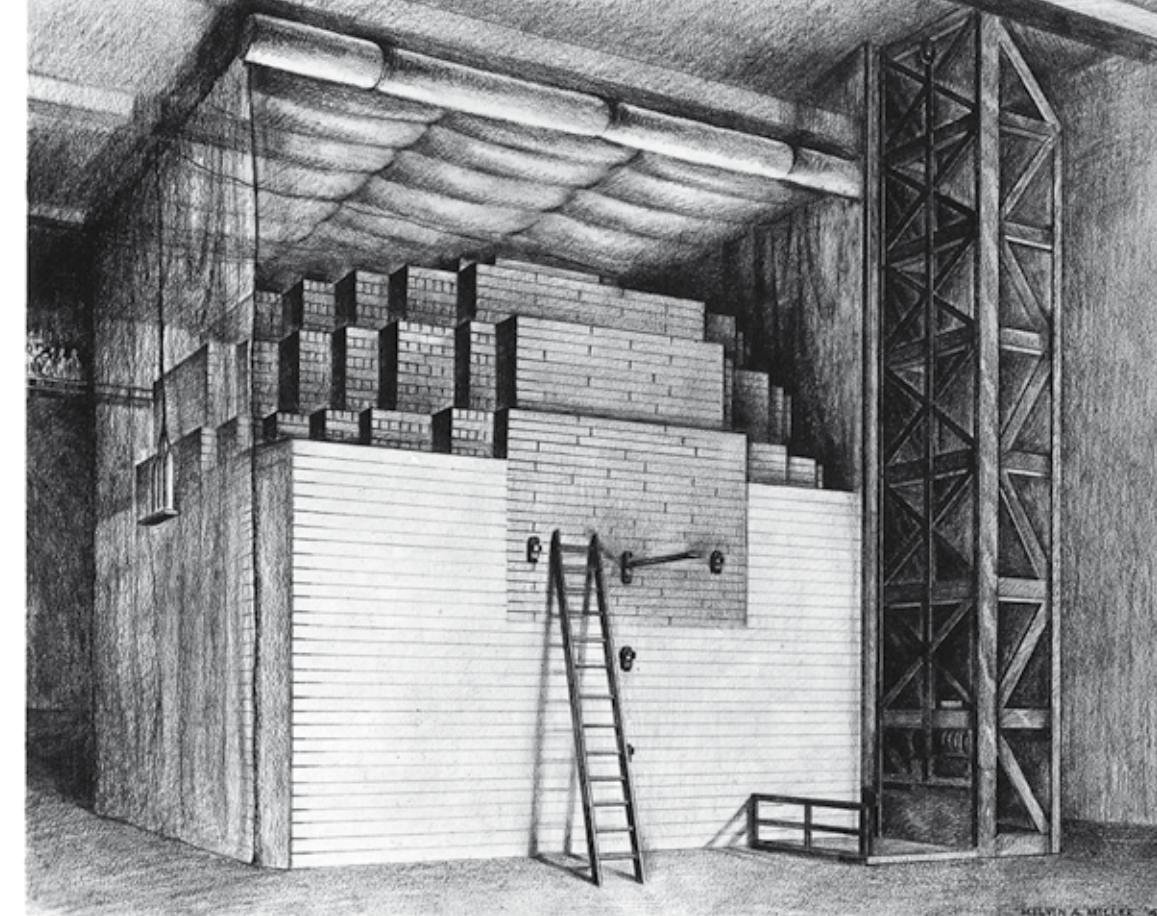
clear; científicamente son muy distintas y sería mejor hablar de era nuclear y bomba nuclear pero hay que aceptar los hechos y costumbres.

Hace poco que se ha cumplido el septuagésimo aniversario de la primera vez que el hombre consiguió iniciar y mantener controlada una reacción nuclear en cadena, hecho que puede considerarse como la fecha de inicio de la era nuclear. Fue exactamente el 2 de diciembre de 1942 a las 15:53h. La reacción se mantuvo durante 4,5 minutos hasta que Enrico Fermi ordenó su parada habiendo generado una potencia de  $\frac{1}{2}$  W. El primer reactor nuclear fabricado por el hombre, conocido como Pila CP1, estaba situado debajo de las tribunas del



Enrico Fermi (1901-1954).

<http://es.wikipedia.org>



La pila CP1, primer reactor nuclear artificial del mundo.

<http://es.wikipedia.org>

estadio deportivo de la Universidad de Chicago y dependía del Laboratorio de Metalurgia de esa universidad, creado a principios de 1942, y cuya dirección se encomendó al Premio Nobel Arthur Compton. Por cierto, el nombre de pila dado por Fermi al reactor, según él mismo explicó, no era en el sentido de productor de electricidad, como se tiende a pensar, sino de apilamiento de cosas.

Durante más de 30 años se creyó que la pila CP1 era el primer reactor nuclear que existió sobre la Tierra; sin embargo, hoy sabemos que la primera reacción nuclear en cadena estable ocurrió de forma natural hace unos 2.000 millones de años en la región de Oklo, en Gabón, donde se han encontrado seis reactores naturales de forma lenticular de 1 m de grosor y de 10 a 20 m de largo que funcionaron durante 600.000 a 800.000 años. En aquella época la proporción de  $^{235}_{92}\text{U}$  en el Uranio natural era del 10% al 20% y en la zona de Oklo dicha concentración era de alrededor del 6%. Los reactores estaban a unos 2.000 m de profundidad en el mar y por tanto con agua a unas 200 atmósferas pudiendo llegar a alcanzar los 350°C sin ebullición. El agua hacía de moderador y refrigerador. Iniciada una reacción, la tem-

peratura aumenta y el agua eventualmente hierve disminuyendo su poder moderador y consecuentemente el ritmo de fisiones, por lo que el sistema se va enfriando volviendo a su estado líquido; el ciclo vuelve a comenzar. De esta forma el reactor funcionó hasta que la proporción de  $^{235}_{92}\text{U}$  no fue suficiente para mantener la reacción en cadena. La energía que Oklo suministró se puede deducir del consumo de  $^{235}_{92}\text{U}$  estimándose en unos 500 millones de Gigajulios; en otras palabras, la misma producción que la de unas 20 plantas nucleares de última generación (3.000 MWt, 1000 MWe) durante 1 año, pero como se produjo a lo largo de tanto tiempo, la potencia media de cada reactor era tan solo de unos 2,6 kW.

La historia del primer reactor nuclear fabricado por el hombre está rodeada del secreto militar y del científico, impuesto por los hechos que acaecieron en la segunda guerra mundial. Está inserta en el conocido como proyecto Manhattan, cuyo objetivo era la fabricación de la bomba atómica, lo que supuso el mayor esfuerzo científico y tecnológico jamás realizado y, quizás también, el conjunto de secretos mejor guardados de la Historia. El logro fue posible gracias, por una parte, a la colaboración





Bombardeo de Pearl Harbor (1941).

<http://laley1079.com>

de un conjunto de científicos del máximo nivel dirigidos por Enrico Fermi ayudado por una industria capaz de suministrar, en cantidad y calidad, productos completamente nuevos y, por otra, a una serie de descubrimientos científicos previos que se sucedieron a un ritmo acelerado.

### ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

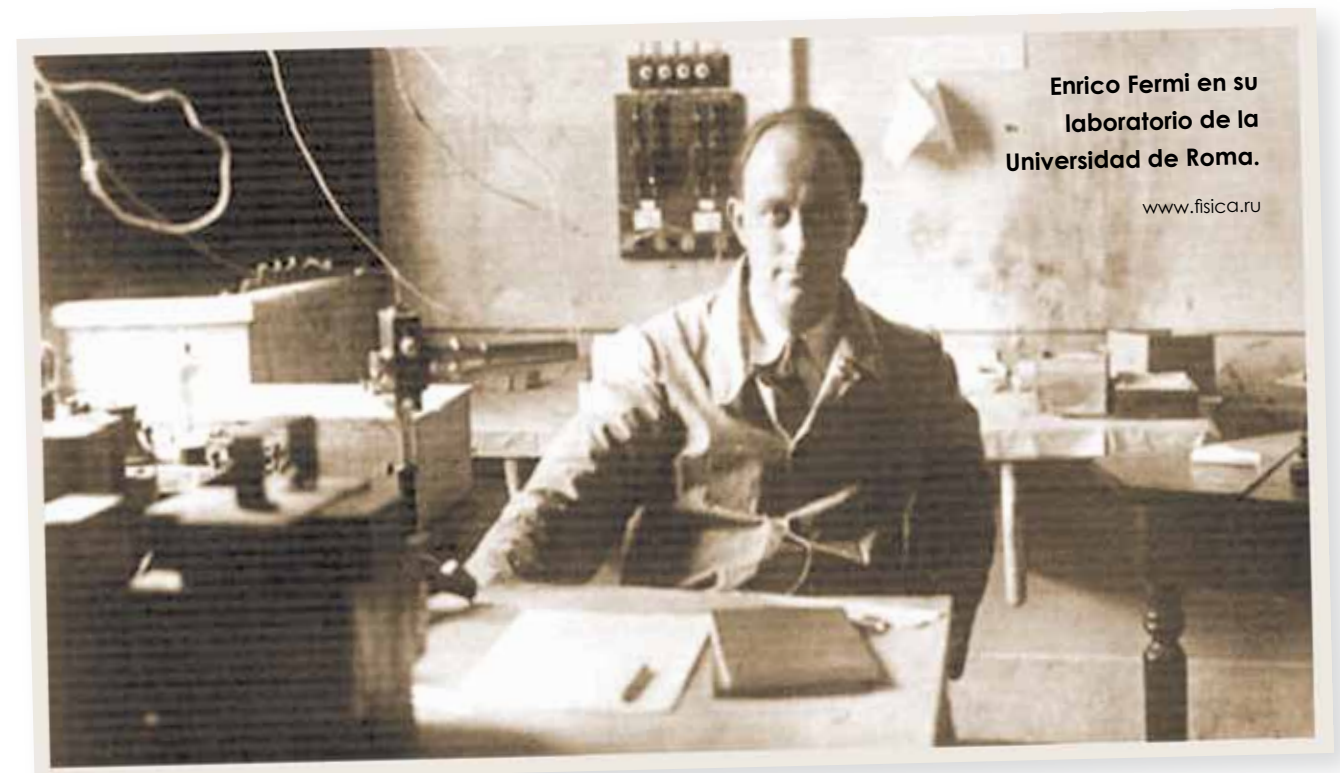
Desde 1933 se fueron reuniendo, en diversas universidades de los Estados Unidos, científicos europeos que escapaban a la presión política existente inicialmente en Alemania e Italia y que fue extendiéndose a otros países del centro y norte de Europa. Así, por ejemplo, en Princeton se reunieron Einstein, von Neumann y Wigner; a la Universidad de Columbia en Nueva York llegó en 1938 Enrico Fermi de vuelta de recoger su Premio Nobel; en la Universidad de California en Berkeley estaba Emilio Segré, etc. En total se calcula que, en aquellos años, más de 200 físicos se establecieron en los Estados Unidos. El ambiente científico pronto se convirtió en indudablemente excepcional. El inicio de la Segunda Guerra Mundial con la invasión alemana de Polonia, el 1 de septiembre de 1939, indujo a los científicos europeos que se

**“La fisión nuclear fue un descubrimiento que tardó en ser reconocido por los físicos y químicos de la época porque les parecía algo impensable.”**

encontraban en los Estados Unidos a colaborar con su saber a la terminación de la guerra con la victoria aliada. En aquellos años, los Estados Unidos no participaban en el conflicto pero sí el Reino Unido, donde también se habían refugiado muchos científicos que mantenían contacto con sus colegas americanos. El bombardeo de Pearl Harbor, el 7 de diciembre de 1941, decidió a los Estados Unidos a participar en la guerra y promovió, de forma definitiva, la coordinación de los científicos americanos en torno al Proyecto Manhattan, encaminado a la consecución de una bomba nuclear.

La fisión nuclear fue un descubrimiento que tardó en ser reconocido por los físicos y químicos de la época porque les parecía algo impensable. Desde el descubrimiento del neutrón por Chadwick en 1932, se supo que el núcleo atómico estaba constituido por protones y neutrones. Este hecho, junto al descubrimiento de la radiactividad artificial en 1933 por el matrimonio Frederick Joliot e Irene Curie, inducida por el bombardeo de aluminio con partículas alfa y publicado en 1934, indujo a Fermi a utili-

zar neutrones para bombardear materia y producir nuevos elementos radiactivos. Su idea era evidente, los neutrones, al no tener carga eléctrica, podían llegar al núcleo con más facilidad que las partículas alfa pues no serían repelidos por el núcleo. Fermi comenzó en su laboratorio de la Universidad de Roma, utilizando una fuente de neutrones de Radio-Berilio, a bombardear sistemáticamente todos los elementos de la tabla periódica comenzando por los más ligeros. Produjo multitud de isótopos radiactivos, todos ellos cercanos al elemento que se había utilizado como blanco. El proceso era claro, los núcleos del blanco absorbían un neutrón y el isótopo formado decaía por desintegración beta en el elemento siguiente. No se emitían positrones, como en el caso de bombardeo con partículas alfa, ni tampoco neutrones. Sus experimentos le sirvieron, además, para desarrollar toda la teoría de las desintegraciones beta una vez que la hipótesis de Pauli, de la existencia de una tercera partícula en el proceso que Fermi bautizó como neutrino, aclaró la conservación de la energía y demás leyes consideradas fundamentales en la Física.



Enrico Fermi en su laboratorio de la Universidad de Roma.

[www.fisica.ru](http://www.fisica.ru)



## Los comienzos de la era nuclear

Los problemas para Fermi comenzaron cuando llegó a bombardear el uranio y trató, con toda lógica, de fabricar elementos transuránicos, en particular el elemento 93. Se inducía mucha radiactividad, pero los resultados no los pudo explicar ni fueron fácilmente interpretables por los radioquímicos italianos. Sus mediciones de la propagación de neutrones en agua, realizados en un estanque de la universidad, le permitieron construir toda la teoría de la difusión y moderación de neutrones, esencial para conseguir una reacción nuclear en cadena controlada. Fermi solía realizar los experimentos durante el día y por la noche realizaba sus cálculos y elaboraba sus teorías, dormía muy poco. Fermi ya había observado que se producía más radiactividad cuando utilizaba neutrones frenados previamente con parafina. En Roma, D'Agostino demostró que el elemen-

to radiactivo de 13 minutos de periodo, que se formaba al bombardear el uranio, no era ni protactinio ( $Z=91$ ), ni torio (90), ni actinio (89), ni radio (88), ni bismuto (83), ni plomo (82). Su comportamiento excluía el entonces llamado ekacesium (87), hoy francio, y el radon (86); el elemento 85, astatio, era desconocido en la época. Fermi en una comunicación en junio a la revista Nature sugirió que, dada la evidencia negativa, se abría la posibilidad de que el elemento descubierto de 13 minutos de periodo fuese un elemento superior al 92.

Otto Hahn era un reconocido radioquímico que trabajaba en la Universidad de Berlín junto con su ayudante Fritz Strassmann y su colega, amiga y colaboradora, la física Lisa Meitner. Hahn decidió repetir la experiencia de Fermi con el uranio para tratar de identificar los productos que se habían originado. Desde 1934 a 1938, los tres bombardearon con neutrones muchos elementos químicos y encontraron numerosos isótopos radiactivos, pero los resultados con el uranio natural seguían siendo un problema, el elemento radiactivo que aparecía era inseparable del bario. Tras la anexión de Austria por Hitler en 1938, Lisa Meitner de nacionalidad austriaca, católica pero de ascendencia judía, decidió abandonar Berlín y se trasladó a Estocolmo al Instituto de Manne Sieghbahn.

Hahn y Strassmann continuaron sus análisis, se resistían a creer que el elemento era bario e hicieron una prueba definitiva. Si en realidad lo era, el bario con  $Z=56$  por desintegración beta produciría lantano con  $Z=57$  y este elemento era fácilmente separable radioquímicamente. El resultado que lo confirmaba no se hizo esperar y su resistencia a pensar que se habían producido elementos tan ligeros como el  $A=137$ , que correspondería al bario, así como su perplejidad fueron en aumento. Aunque estaban en diciem-

**Otto Robert Frisch (1904-1979).**

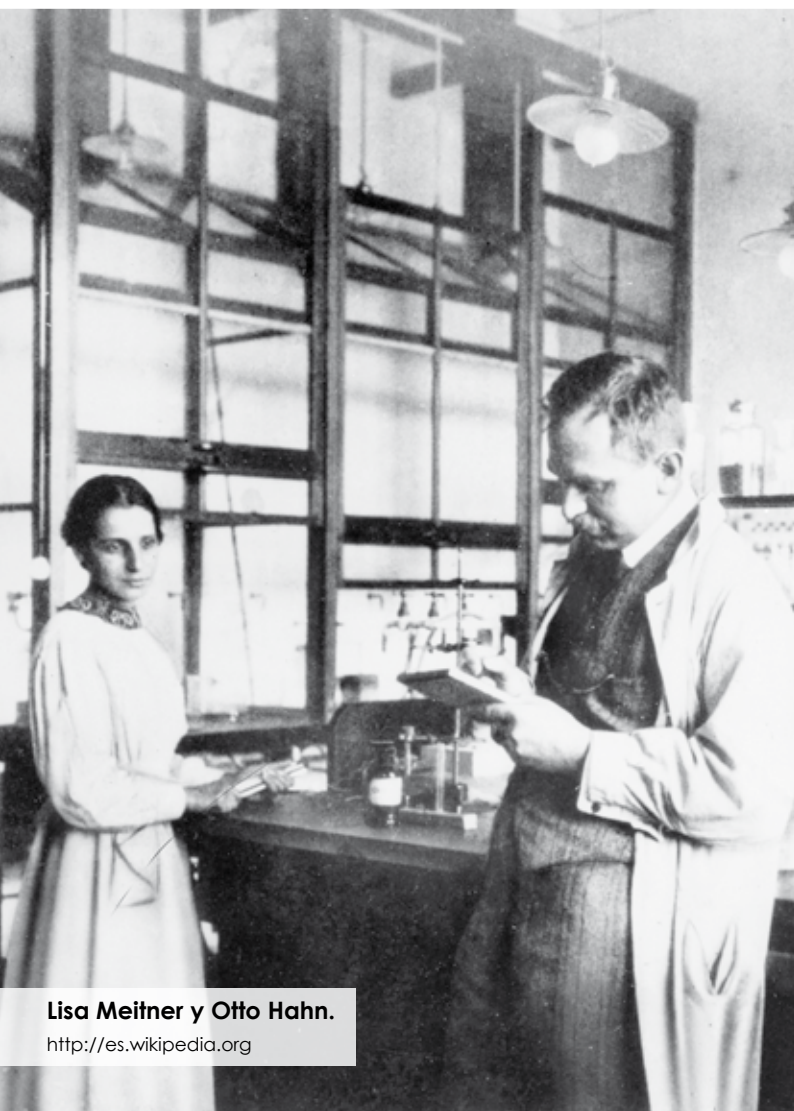
<http://photos.aip.org>

bre, a la vista de los resultados Hahn escribió un artículo para que lo publicasen urgentemente en el siguiente número de la revista *Naturwissenschaften*, pues el editor era amigo suyo. Este se lo aceptó pero le impuso que el manuscrito tenía que llegar antes de Navidad. Sus dudas quedaron muy bien reflejadas en un comentario que se añadió al final del artículo en el que decían: "Como químicos deberíamos de revisar el esquema de desintegración dado más arriba e insertar los símbolos Ba, La, Ce (Cerium) en lugar de Ra, Ac, Th (Thorium). Sin embargo como "químicos nucleares", trabajando muy estrechamente con el campo de la física, no podemos todavía dar un salto tan drástico que va en contra de todas las leyes previas de la física nuclear. Podría haber una serie de coincidencias inusuales que nos han dado indicaciones falsas". Hahn escribió una carta a Lisa Meitner incluyéndole una copia al carbón del original del artículo.

En la Navidad de ese año Otto Frisch, físico prestigioso que trabajaba en Copenhague con Niels Bohr, acudió a Suecia a pasar las fiestas con su tía Lisa Meitner. Lisa Meitner recibió la carta de Otto Hahn en la que le comunicaba que: después de haber probado todas las posibles vías de separación le había resultado imposible separar del bario el elemento radiactivo que aparecía tras el bombardeo del uranio con neutrones. Le pedía que estudiase si un isótopo radiactivo del bario podía tener una masa tan grande y le añadía "Quizás pueda Vd. sugerir alguna explicación, comprendemos que no se puede romper hasta el bario de manera que piense en alguna otra posibilidad, ¿Isótopos del bario con pesos atómicos superiores a 137?, estamos seguros de que esto o es una locura o que una contaminación está jugando con nosotros".



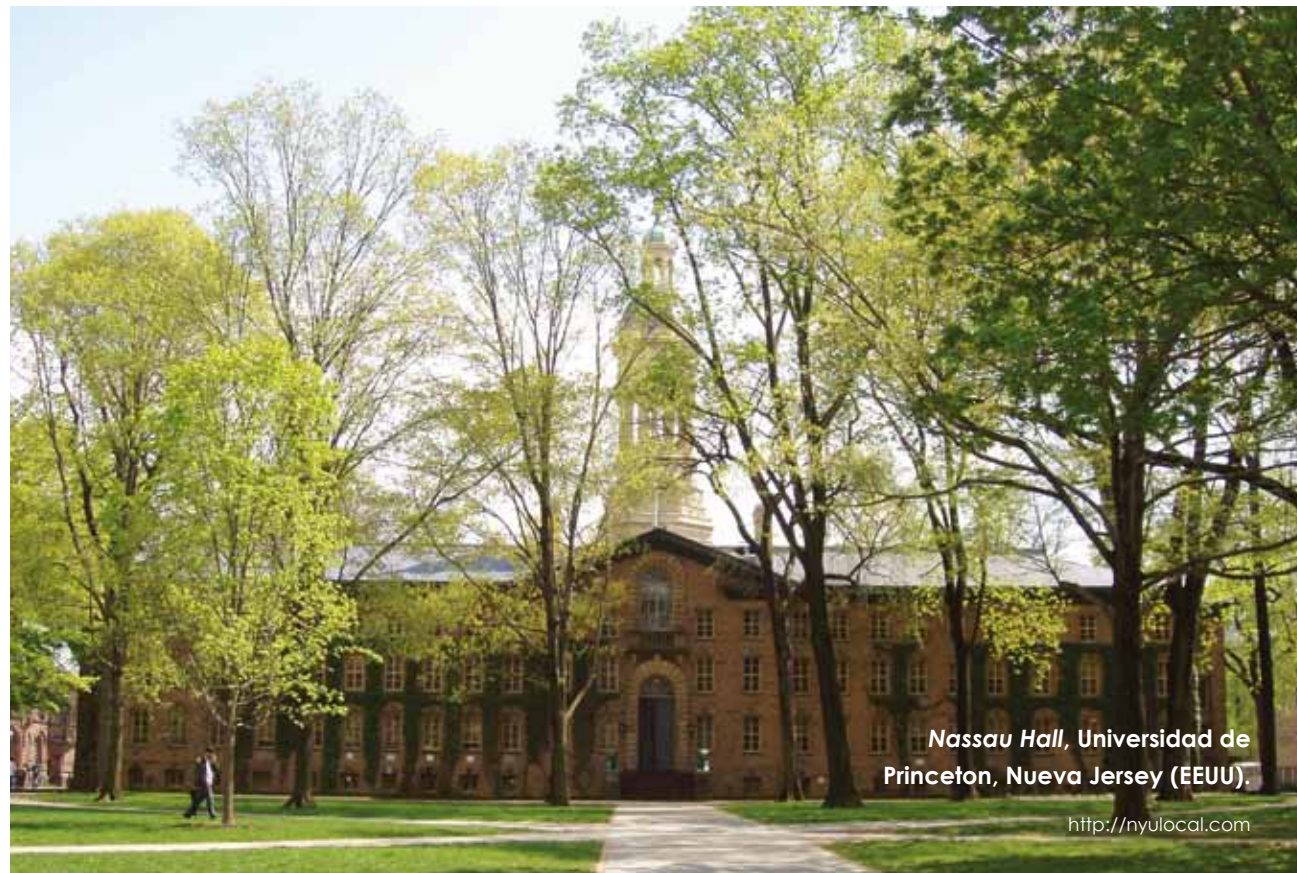
Frisch era escéptico sobre los resultados de Hahn pero Meitner sabía de la meticulosidad y competencia de Otto Hahn y no podía dudar de sus resultados. Después de pensarlo algunos días, llegó a la conclusión de que el núcleo de uranio se había partido en dos trozos más pequeños y que uno de ellos era bario. Para convencer a Frisch, utilizó la fórmula de masas de Bohr para ver primeramente que la reacción era energéticamente posible, que se podían haber formado bario, kriptón y posiblemente algún neutrón, que la energía cinética con la que esos dos fragmentos eran expulsados era de unos 200 MeV, una energía fabulosa si se pudiese aprovechar de alguna forma útil. Frisch quedó convencido pero la propuesta era tan revolucionaria e impensable que Meitner decidió que era imprescindible, antes de publicar nada, tener el beneplácito de Bohr y encomendó a Frisch, que regresaba a Copenhague, que se lo mostrase antes de que este iniciase una visita a los Estados Unidos. Tía y sobrino redactaron conjuntamente por teléfono unas páginas que Frisch discutió con Bohr el 6 de enero. A poco de comenzar la explicación, Bohr exclamó "¡Oh que idiotas hemos sido todos! ¡Esto es



**Lisa Meitner y Otto Hahn.**

<http://es.wikipedia.org>





maravilloso! Esto es exactamente como tiene que ser" y le urgió a escribir un artículo y enviarlo urgentemente a Nature. Bohr, que partía al día siguiente para una estancia larga en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, se comprometió a no decir nada a los físicos americanos hasta que el artículo hubiese sido aceptado.

### EL DESARROLLO DE LA PILA CP1

La comprensión inmediata de Bohr se entiende fácilmente pues, con anterioridad, había publicado el mecanismo del núcleo compuesto en un artículo titulado "Neutron capture and nuclear constitution" <sup>1</sup> en el que un neutrón es absorbido por un núcleo que lo captura y se forma un núcleo excitado que pierde toda la memoria de su estructura interna anterior, y que se puede desintegrar en diversos canales. Era normal suponer, como habían pensado Meitner y Frisch, que el núcleo compuesto de uranio for-

mado tras la absorción estuviese fuertemente excitado, sufriese una fuerte elongación y en su excitación se pudiese partir en dos fragmentos. Bohr vio claro el proceso pero trató de comprenderlo con su modelo de la gota líquida que había publicado con Kalckar. <sup>2</sup>

En su viaje hasta Nueva York en barco, junto con el físico Leon Rosenfeld, que le acompañaba, repitió todos los cálculos con su fórmula de masas y ambos comprobaron que los resultados que Meitner y Frisch habían obtenido eran correctos. Bohr se quedó un día en Nueva York, pero Rosenfeld se fue directamente a Princeton con John Wheeler que le había ido a buscar.

El Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, New Jersey, fue fundado en 1930 por el matrimonio Bamberger, y se creó para acoger a los emigrantes judíos a quienes la Universidad de Princeton rechazaba, debido a su antisemitismo institucionalizado. Allí estuvo Einstein hasta

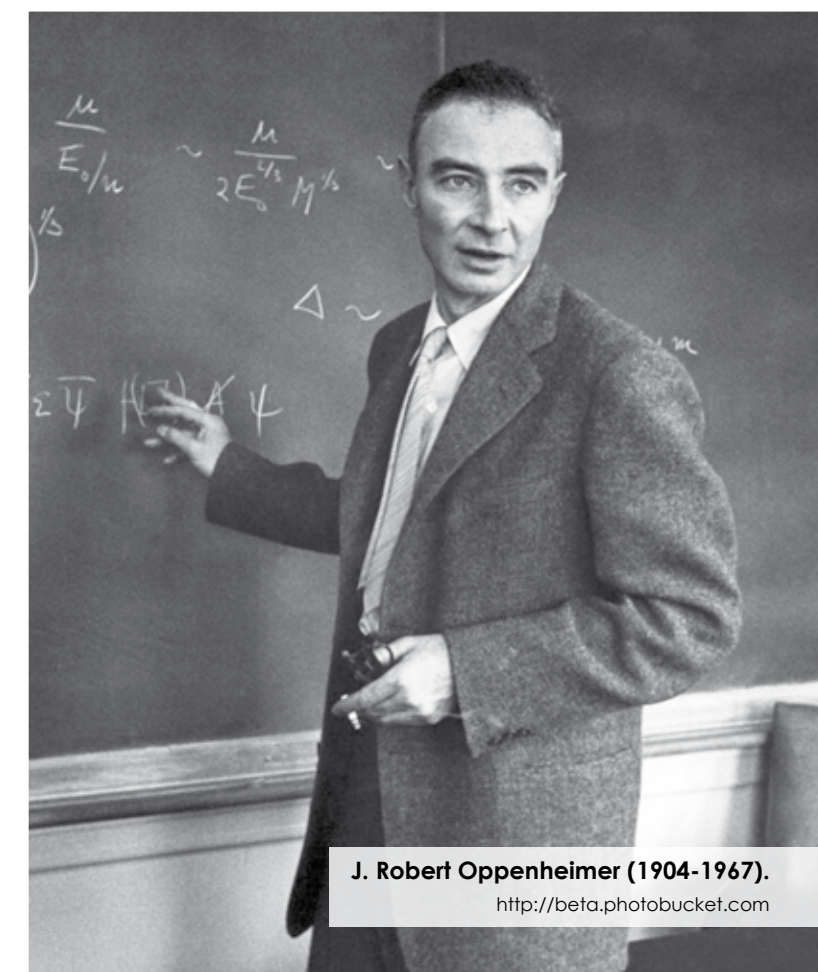
su muerte y de allí era profesor John Wheeler, uno de los mejores físicos del siglo XX, y allí fueron Rosenfeld y Bohr.

Frisch realizó en Copenhague un experimento para detectar los dos fragmentos que tenían que salir procedentes de la rotura del uranio. Utilizó una rudimentaria cámara de ionización construida por él, en la que añadió a los electrodos una hoja recubierta de uranio y, con las tres fuentes de neutrones que encontró en el laboratorio, bombardeó las placas esperando que los productos de la rotura del núcleo de uranio, al ser tan energéticos, pudiesen atravesar unos mm de aire y producir una gran ionización, detectable con un sencillo amplificador y un osciloscopio. El experimento fue un éxito y lo mostró a todo el que quiso verlo, en particular a un amigo, y colega microbiólogo, William Arnold a quien Frisch preguntó cómo llamaban los biólogos a la división en dos de una bacteria; "fisión binaria" fue la respuesta y fue Frisch el que puso al proceso nuclear el nombre de "fisión" a secas. Tía y sobrino volvieron a comunicarse y decidieron enviar dos artículos a Nature, uno con los cálculos de la fisión y otro con la confirmación realizada por Frisch.

Para ser rigurosamente exactos, fue la química Ida Noddack la primera persona que, criticando los resultados de Fermi sobre los transuránidos y su dificultad de interpretación, sugirió una fragmentación del núcleo de uranio en un artículo publicado, en 1934, titulado "Sobre el elemento 93" <sup>3</sup>, pero todavía no se disponía de la fórmula de masas para poder dar algún argumento, y su mera sugerencia quedó en el olvido. Fermi, que sabía cómo hacer los cálculos, estimó cuál era la probabilidad de que el  $^{238}_{92}\text{U}$  se partiese en dos fragmentos encontrando que era tan pequeña que la sugerencia de Ida Noddack no podía ser cierta y olvidó el asunto.

Al llegar Bohr a Princeton se encontró con la desagradable sorpresa de que los físicos americanos del Instituto se habían enterado de la noticia de la fisión porque Rosenfeld, que no sabía nada de la promesa de Bohr a Frisch, se lo había contado a Wheeler en el viaje y este lo publicó en una revista interna de Princeton. La noticia corrió como la espuma por todo Estados Unidos, y así fue como los físicos americanos se enteraron de la fragmentación del uranio, la palabra fisión aún no había llegado. Bohr envió una nota a Nature confirmando la autoría de la fragmentación del uranio a Meitner y Frisch.

Bohr, por cálculos realizados a bordo del barco que lo llevaba a Estados Unidos y continuados en Princeton, donde permaneció varios meses en 1939, estableció para empezar que era el isótopo  $^{235}_{92}\text{U}$  el que se fisionaba con neutrones lentos y no el  $^{238}_{92}\text{U}$  y luego desarrolló con Wheeler el trabajo "Mecanismo de la fisión nuclear" <sup>4</sup> enviado al "Physical Review" a fines de junio de 1939, y publicado el primero de septiembre,





## Los comienzos de la era nuclear

que fue durante años la referencia esencial de la fisión nuclear y que dio a conocer a los físicos del mundo, y en particular a los alemanes, el mecanismo de la fisión. Muchos laboratorios comenzaron a realizar experimentos para comprobar la existencia de la fisión y determinar sus principales características.

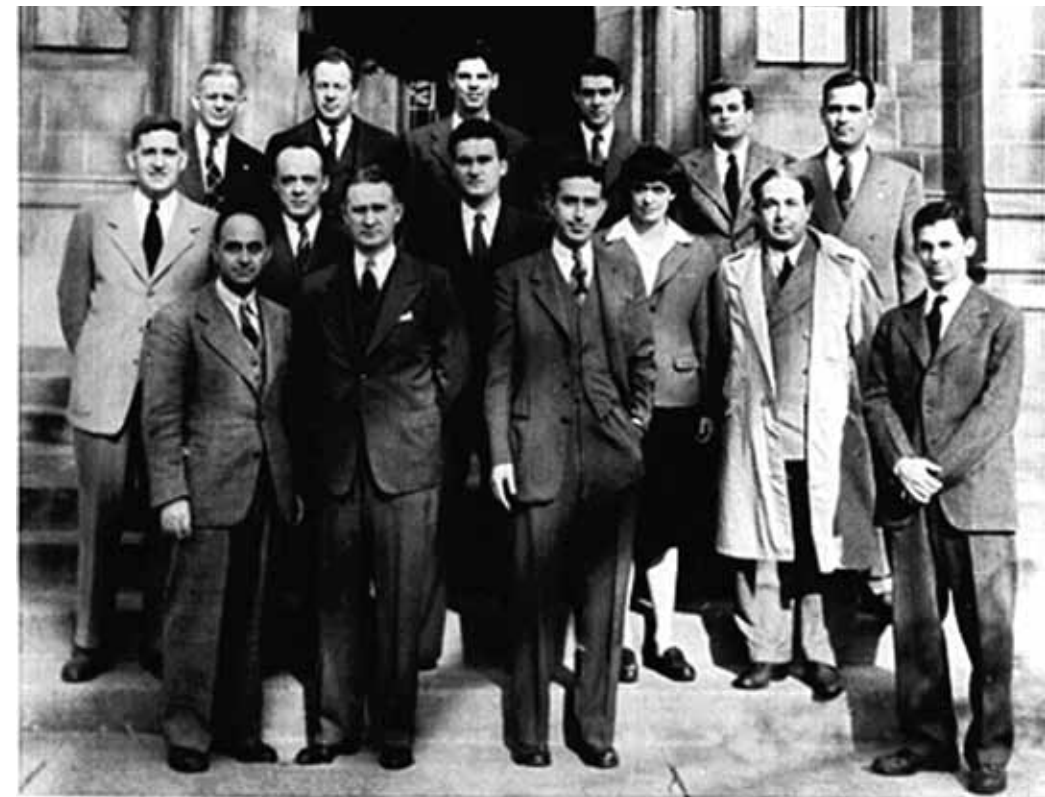
La conferencia de Física Teórica de Washington de 1939, que reunió a la mayoría de los físicos de los principales laboratorios, estaba dedicada, en principio, a las bajas temperaturas; sin embargo, hubo un cambio total. George Gamow, que abrió la conferencia, presentó a Niels Bohr y este explicó todas las novedades de los experimentos de Hahn y Strassmann, la interpretación de Lisa Meitner y Frisch y sus propias ideas y cálculos. A continuación, Fermi explicó sus ideas y bosquejó las posibles implicaciones. El impacto fue total, muchos no creyeron los resultados presentados y multitud de laboratorios realizaron experimentos para comprobar los hechos. En menos de una semana, todos los grandes laboratorios en Estados Unidos dieron a conocer sus resultados positivos. Robert Oppenheimer y Enrico Fermi, asistentes a la conferencia, se dieron cuenta rápidamente que muy probablemente en la reacción se desprenderían varios neutrones y, si eso era correcto, se abría la puerta a una reacción en cadena y consecuentemente a la obtención de enormes cantidades de energía si se controlaba la reacción y, por desgracia también, a una bomba nuclear si la reacción no se controlaba. Afortunadamente para los científicos, lo primero que se consiguió fue una reacción en cadena controlada.

Fermi repitió en Columbia la experiencia de Frisch, pero faltaba todavía mucho por descubrir. Se conocía la existencia

**“Fermi explicó sus ideas. El impacto fue total, muchos no creyeron los resultados presentados y multitud de laboratorios realizaron experimentos para comprobar los hechos.”**

del  $^{235}_{92}\text{U}$  pero la proporción en que se encontraba en el uranio natural no se midió hasta tres años después. Tampoco estaba probado qué en la fisión se produjeran neutrones ni con qué abundancia y energías, algo esencial para producir una reacción en cadena. Bohr realizó cálculos teóricos demostrando, como antes mencionamos, que era el  $^{235}_{92}\text{U}$  el isótopo que se fisionaba con neutrones lentos y no el  $^{238}_{92}\text{U}$  que necesitaba una mayor energía. También predijo unas fuertes resonancias en la absorción de neutrones de alrededor de 25 eV en el  $^{238}_{92}\text{U}$  que conducirían a la producción del elemento 93 y este, tras una desintegración beta, al elemento 94 que sería también un excelente combustible nuclear. Fermi al principio no estaba muy de acuerdo y la discusión terminó cuando se acordó que solo los experimentos podrían decidir lo que realmente sucedía.

En el fondo, los cálculos son muy simples usando la fórmula de masas. En ella hay un término que es nulo cuando el número de protones es par y el de neutrones impar o viceversa como ocurre con el  $^{235}_{92}\text{U}$ , con 92 protones y 143 neutrones. El término es negativo y reduce la masa cuando los dos son pares como ocurre cuando el  $^{235}_{92}\text{U}$  absorbe un neutrón y se forma el  $^{236}_{92}\text{U}$  con 92 protones y 144 neutrones. Esto hace que el núcleo formado esté fuertemente excitado y sea posible que la repulsión entre los protones domine sobre la tensión superficial y sea más estable la situación en que el núcleo esté partido en dos fragmentos. Con el  $^{238}_{92}\text{U}$  esto no sucede pues el  $^{239}_{92}\text{U}$  que se forma es  $Z=92$  par y  $N=147$  impar y por tanto se desintegra beta en  $^{239}_{93}\text{Np}$  que sigue siendo impar-par ( $Z=93$  y  $N=146$ ) por tanto se desintegra beta y forma el  $^{239}_{94}\text{Pu}$  que como el  $^{235}_{92}\text{U}$  es  $Z=94$  par y  $N=145$  impar. Al absorber este



Fermi, primero a la izquierda, y su equipo. El de la gabardina es Leo Szilard.

<http://www.3rd1000.com>

un neutrón se forma el  $^{240}_{94}\text{Pu}$  elemento con  $Z=94$  par y  $N=146$  también par, altamente excitado que se divide en dos con facilidad. Si el  $^{239}_{93}\text{Np}$  absorbiese un neutrón se formaría el  $^{240}_{93}\text{Np}$  que sería un núcleo con  $Z=93$  impar y  $N=147$  también impar en el que el término de la fórmula de masas es positivo y añade masa al núcleo, al revés de lo que se necesita. Solamente el  $^{235}_{92}\text{U}$  y el  $^{239}_{94}\text{Pu}$  eran susceptibles de fisionarse con neutrones térmicos.

Durante los años 1939 a 1941 se realizaron en Estados Unidos multitud de experimentos a lo largo de los dos caminos posibles, uno producir el  $^{239}_{94}\text{Pu}$  y otro enriquecer el uranio natural en el isótopo  $^{235}_{92}\text{U}$ . También se produjeron muchos informes dirigidos a la autoridades civiles y militares explicándoles la potencialidad del uranio para la producción de energía y para fabricar un arma nuclear, entre ellos la célebre carta que Einstein envió al Presidente Roosevelt escrita a instancias de Leo Szilard, Eugene Wigner y Edward Teller que formaban el llamado “Trio Húngaro” que fue el origen

del Proyecto Manhattan. Los tres colaboraron estrechamente en el proyecto, pero Szilard se distinguió en el terreno de las reacciones en cadena llegando a patentar un reactor nuclear en Inglaterra, patente que luego cedió a los Estados Unidos.

Fermi, que se encontraba en la Universidad de Columbia en Nueva York, se decidió por realizar un reactor nuclear. Para ello comenzó una serie de experimentos subcríticos que le permitieron comprender bien el proceso. En un experimento subcrítico se producen reacciones en cadena mediante una fuente externa de neutrones, pero no es automantenida. Fermi definió el llamado factor  $k$  de un reactor que es el cociente entre los neutrones producidos en una generación dividido por el de neutrones de la generación anterior. Si  $k < 1$  el número de neutrones disminuye y la reacción se termina parando, salvo si se suministran neutrones de una fuente exterior como es el caso de un conjunto subcrítico. Si  $k = 1$  la reacción se mantiene estable y el sistema es crítico y si  $k > 1$  la



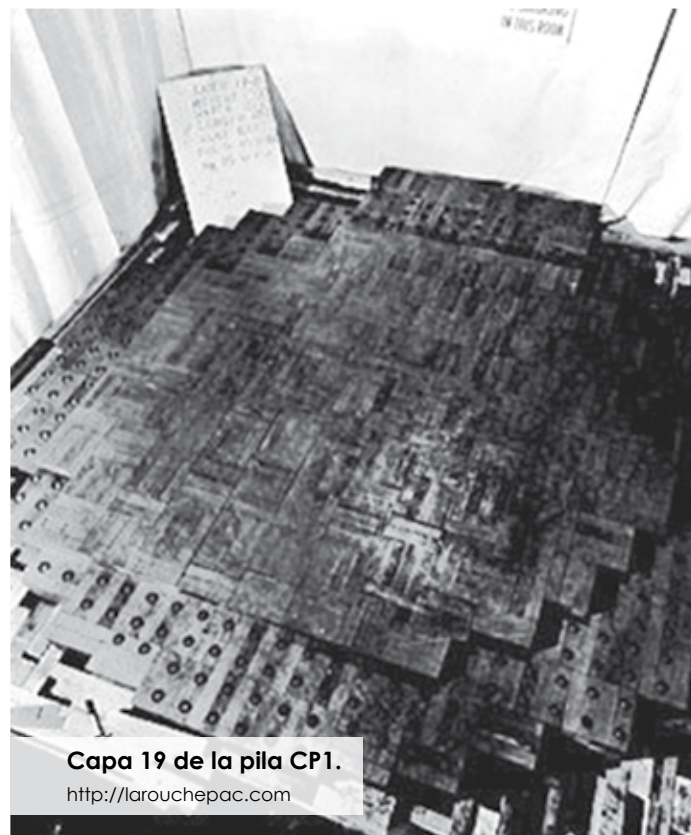
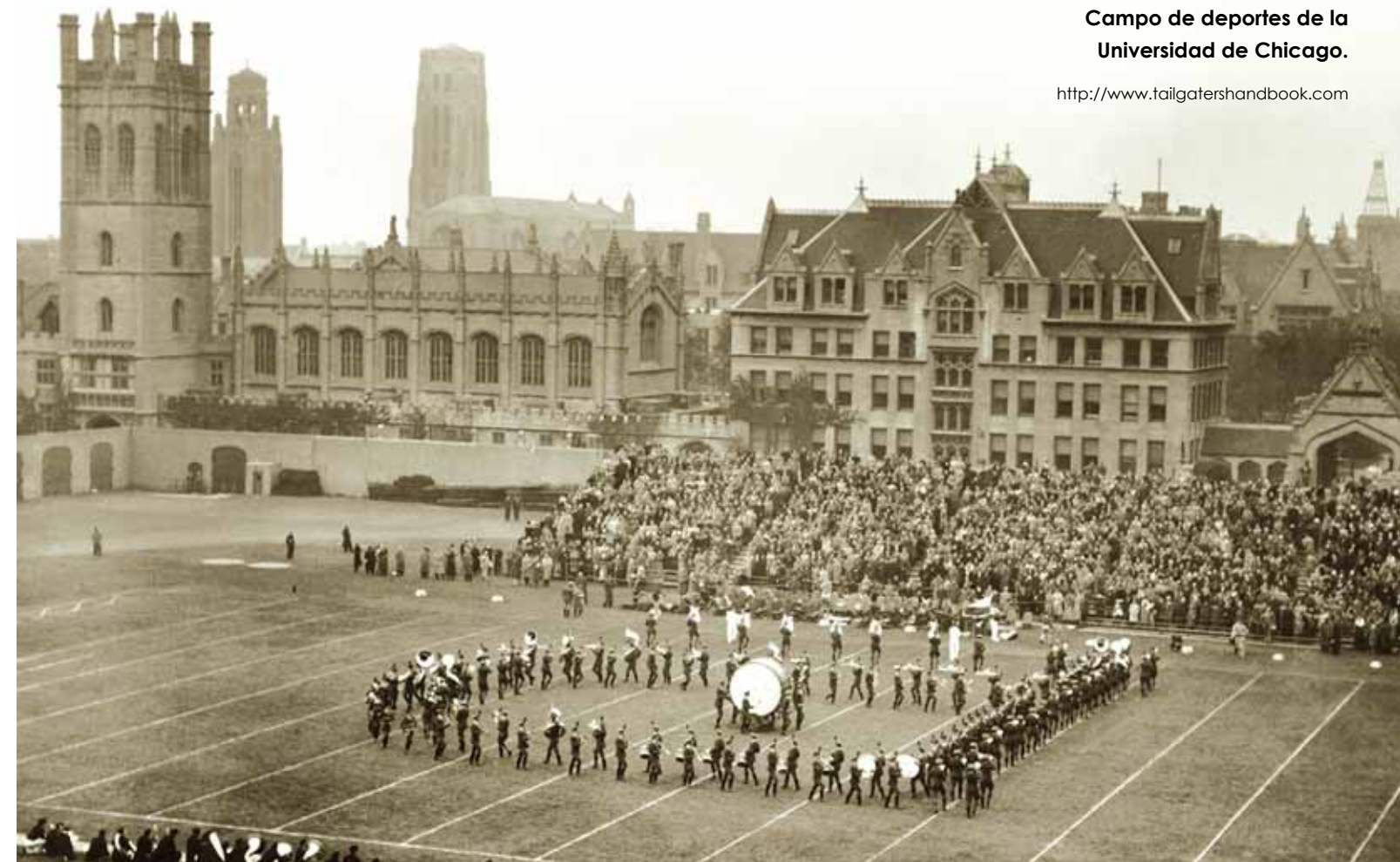
## Los comienzos de la era nuclear

reacción diverge y el sistema puede fundirse. Bajo ciertas condiciones, aunque nunca con neutrones térmicos y con  $^{235}_{92}\text{U}$  o  $^{239}_{94}\text{Pu}$  prácticamente puros, podría explotar si la masa fuese suficientemente grande. Las características geométricas que tenía que tener un dispositivo que trabajase con uranio natural para conseguir un factor  $k = 1$  es lo que Fermi fue deduciendo de sus experimentos. Pronto se dio cuenta de que el moderador no podía ser agua y se decidió por trabajar con grafito. En estos experimentos también trabajaba con él Szilard y ambos discreparon, pues Fermi quería construir un sistema con placas alternadas de grafito y uranio natural y Szilard creía mejor un dispositivo de dados de uranio.

La creación del Laboratorio de Metalurgia en la Universidad de Chicago, a principios de 1942, llevó a Fermi y a Szilard a Chicago. Los Estados Unidos habían entrado en la guerra mundial. Los científicos americanos e ingleses temían que los alemanes estuviesen construyendo una bomba

nuclear, como así era, y decidieron unánimemente trabajar en el Proyecto Manhattan para conseguir, cuanto antes, la bomba atómica y también se autoimpusieron una censura total en cuanto a la publicación, o difusión, de sus investigaciones. Los dos caminos para conseguir un ingenio nuclear eran conseguir enriquecer el  $^{235}_{92}\text{U}$  hasta casi la pureza o producir  $^{239}_{94}\text{Pu}$ , ambos en cantidad suficiente para conseguir la masa crítica necesaria que se estimaba en alrededor de una decena de kg. Las primeras estimaciones fueron entre 2 y 100 kg.

Las autoridades americanas optaron por los dos caminos a la vez y, paradójicamente, ambos ingenios nucleares estuvieron a punto también a la vez. Enriquecer  $^{235}_{92}\text{U}$  hasta conseguir la casi pureza, mediante difusión térmica o ultracentrifugación gaseosa, no le atraía a Fermi y fueron otros los que siguieron ese camino. Tratar de producir  $^{239}_{94}\text{Pu}$  mediante un acelerador como habían logrado en Berkeley parecía imposible, pues había que pasar de microgramos a kilogramos. Fermi pensó que el camino era bombardear uranio natural con neutrones, para ello hacía falta mucho uranio y muchos neutrones, algo que se podría conseguir mediante una reacción en cadena en un reactor nuclear. Desde sus inicios en Chicago, sus esfuerzos fueron dedicados a la construcción de la pila nuclear. Szilard se encargó de encontrar los suministradores de uranio natural lo suficientemente puro y, sobre todo, de grafito sin impurezas para que hiciese de moderador y no absorbiese neutrones. De ambos materiales se necesitaban muchas toneladas y, hasta entonces, se habían producido solamente en cantidades de unos pocos kilogramos. La industria norteamericana fue capaz de ello en poco tiempo. Debajo de las gradas del campo de deportes de la universidad se habilitó un espacio lo suficientemente amplio como para



Capa 19 de la pila CP1.

<http://larouchepac.com>

albergar el invento, y se fueron colocando bloques de grafito en forma de grandes ladrillos en capas horizontales y placas de uranio. Se instalaron también contadores para saber cuántos neutrones había en todo momento, placas de madera cubiertas de cadmio que caían verticalmente por la gravedad y que estaban sujetas con sogas para controlar y parar la reacción. Cuando la pila estuvo terminada, se habían apilado 349.719 kg de grafito, 36.555 kg de óxido de uranio y 5.624 kg de uranio metal y había costado, aproximadamente, 1 millón de dólares.

Fermi había calculado que el sistema se haría crítico entre las capas 56 y 57 y Anderson, estrecho colaborador de Fermi, se encargó la tarde del 1 de diciembre de terminar la capa número 57. Al terminarse la capa, dio orden de subir, una a una, las placas de cadmio que controlaban el sistema y medir los neutrones. Cuando solamente faltaba una placa por sacar, estaba claro que si se extraía el reactor se haría crítico. Anderson, siguiendo las instrucciones de Fermi y fiel a la palabra dada, resistió la tentación, man-

dó bajar todas las placas de cadmio y envió a todo el mundo a su casa incluido él mismo.

En la mañana del día 2 de diciembre, extremadamente frío en Chicago, Fermi se reunió con su gente y otros invitados para que asistiesen al acontecimiento. Fermi había dibujado un gráfico con sus predicciones del contaje de los detectores de neutrones de trifluoruro de boro que le permitían calcular el factor  $k$ , en función del estado de extracción de las placas de cadmio y dio orden de ir subiendo las placas y medir el flujo de neutrones. Todo se iba cumpliendo con arreglo a sus predicciones.

Para mayor seguridad, Fermi había elegido al más forzudo de sus colaboradores para que, en caso de urgencia, cortase con un hacha la soga que sujetaba unas placas auxiliares de cadmio con objeto de detener la reacción lo más rápidamente posible. Los sistemas de seguridad además contaban con contadores muy sensibles de neutrones, un sistema automático que contaba neutrones y, si se excedía un cierto flujo, disparaba un solenoide que hacía caer



## Los comienzos de la era nuclear

placas de cadmio. Poco antes de la hora de comer, Fermi dijo que tenía hambre y ordenó, ante el nerviosismo y la expectación de todos los asistentes, que se parasen los trabajos y se fuese todo el mundo a comer.

A la vuelta, Fermi puso el sistema como Anderson lo había dejado la tarde anterior y dispuso que se extrajese la última placa de cadmio a mitad de altura. Con su regla de cálculo comprobaba si los contadores reflejaban sus predicciones, el sistema estaba a punto de ser crítico pero aún no lo era. La barra de control se fue subiendo en pequeños intervalos de seis pulgadas. En el lugar se acumuló una cuarentena de personas, nadie hizo una fotografía pero, con arreglo a las tradiciones de la época, es de suponer que todos estaban con corbata, chaqueta y elegantemente vestidos. Fermi ordenó que se subiera 6 pulgadas la barra de control, unos cuantos instrumentos de medida saltaron y tuvieron que ser de nuevo ajustados, los contadores seguían reflejando exactamente las previsiones calculadas por Fermi. Al subir otras seis pulgadas se tuvieron que desconectar los sistemas automáticos de control para que la reacción no se detuviera. Fermi ordenó finalmente que se subiera la barra 12 pulgadas y, tras un breve cálculo, anunció que el sistema había alcanzado la criticidad. Todo el mundo lo creyó. Para sorpresa de todos los presentes, Fermi no ordenó parar inmediatamente la pila, esperó durante 4,5 minutos y ordenó la parada, eran las 15:53. El sistema había desarrollado una potencia de 0,5W. Wigner cuenta que:

**“La primera reacción nuclear en cadena automantenida realizada por el hombre había tenido lugar. El camino hacia la energía nuclear y la producción masiva de plutonio quedaba abierto.”**

*“nada espectacular había sucedido, nada se había movido, la pila no produjo ningún sonido, cuando las barras se bajaron y se dejaron de oír los impulsos de los contadores se hizo un gran silencio. Todos habíamos anticipado el éxito del experimento pero éramos conscientes de que habíamos desbloqueado un gigante con unas consecuencias que no podíamos prever”.* La primera reacción nuclear en cadena automantenida realizada por el hombre había tenido lugar. El camino hacia la energía nuclear y la producción masiva de plutonio quedaba abierto.

La historia nuclear es muy larga. En Hanford, Seattle, se construyeron nuevos reactores, de uranio natural y grafito, destinados a la irradiación de uranio para producir el  $^{239}_{93}\text{Pu}$ . En junio de 1944, el grupo anglo-americano dirigido por Sir John Crockoff construyó en Chalk River un reactor de uranio natural y agua pesada que alcanzó la criticidad en 1945. En 1947 lo hacía el primer reactor británico y en 1948 lo hizo Zoe, el primer reactor francés. Las aplicaciones

pacíficas de los reactores no se realizaron hasta diciembre de 1963, cuando la Jersey Central Power and Light encargó a General Electric la construcción de una central de agua en ebullición, estrictamente comercial, para producir energía eléctrica. La historia del Proyecto Manhattan y del uso de los reactores para la propulsión naval, tanto militar como civil, se sale del propósito y la extensión de este artículo.

### AGRADECIMIENTOS

Es un placer expresar mi gratitud a mi esposa y a mi buen amigo Santiago Rodríguez Vallejo que con sus sugerencias y consejos han contribuido a la mejora del texto.

Rafael Núñez-Lagos

Miembro del Senatus Científico  
Dpto. de Física Teórica  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

### REFERENCIAS

Un excelente libro que trata en detalle todo el desarrollo de la fabricación de las bombas nucleares americanas es de Richard Rhodes, *“The making of the atomic bomb”*, publicado por Simon & Schuster ISB 0-671-65719-4, 1988. De él se han obtenido muchas de las citas.

En Internet se pueden también encontrar muchas referencias y artículos.

1. Bohr N. (1936), “Neutron capture and nuclear constitution” *Nature* 137, 330 y 344.
2. Bohr N. and Kalckar F. (1937), *Danske Selbskab. Math. Phys. Medd.* 14, Num 10.
3. Noddack I. (1934), “Sobre el elemento 93” *Zeitschrift fur Angewandte Chemie* 47: pp. 653.
4. Bohr N. and Wheeler J. (1939), *Phys Rev* 56 426.



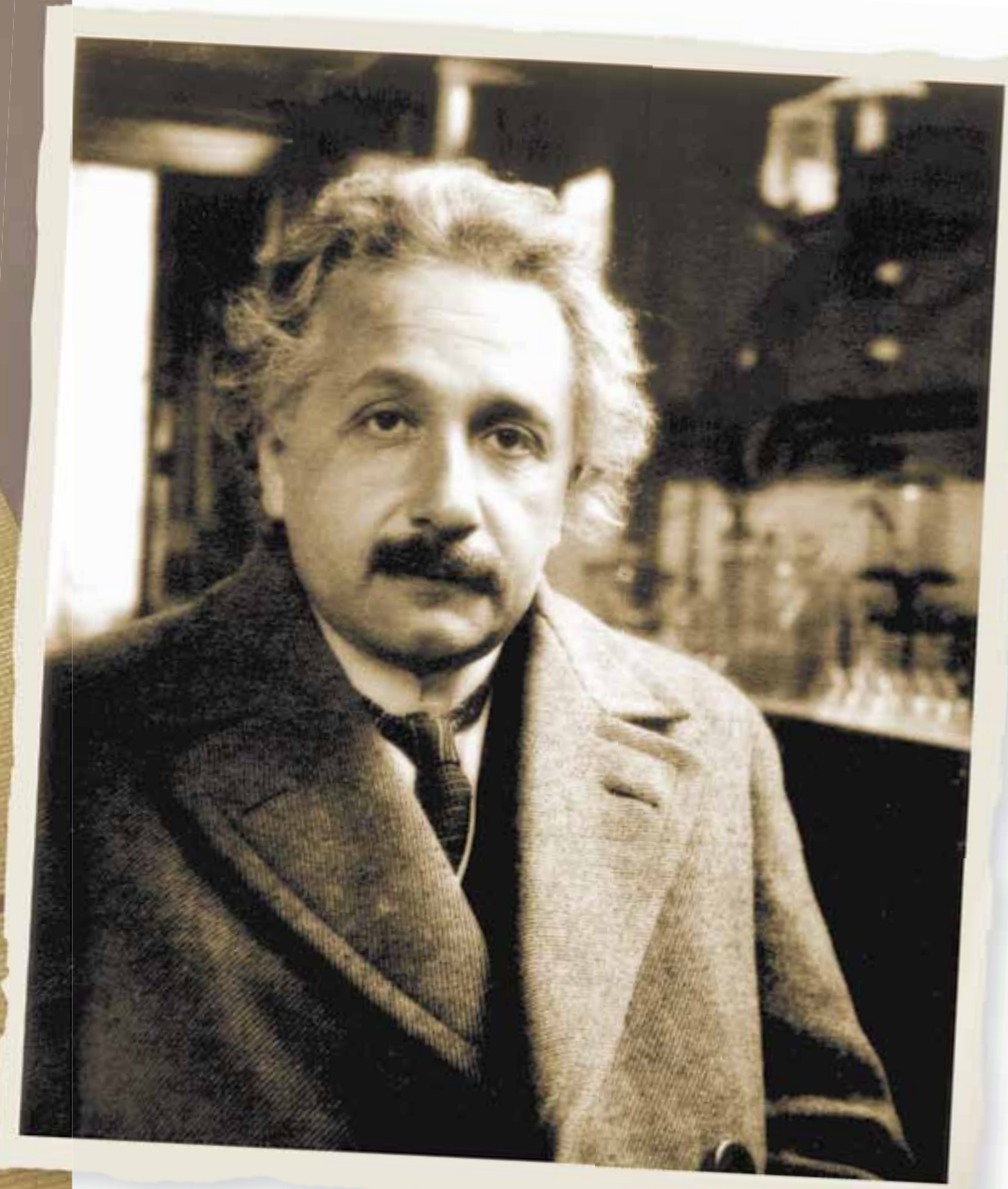
Laboratorios de Chalk River (Canadá).

<http://es.wikipedia.org>



*“Nos complace que el famoso sabio alemán, hoy la más alta figura de la Ciencia, haya aceptado la invitación.”*

HERALDO DE ARAGÓN,  
(2-3-1923).



# EINSTEIN EN ZARAGOZA

**POR JAVIER TURRIÓN**

Antiguas Facultades de Medicina y Ciencias de la Universidad de Zaragoza (izquierda), e instantánea tomada a Einstein en el laboratorio de Antonio Rodríguez Rocasolano en la Universidad de Zaragoza, en marzo de 1923 (derecha).

IZQUIERDA: <http://es.wikipedia.org>

DERECHA: fotografía cedida por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.



**S**i llamamos azar a todo lo que no controlamos parecería, a bote pronto, que habíamos dado con una fórmula para orientarnos en el caos de la realidad. Algo así como una relación de orden de las que hablan los matemáticos. Pero la evidencia empírica de que algunos controlan cosas incontrolables para los más o de que, cualquiera, con conciencia del problema y cierto entrenamiento, puede ir robándole terrenos a la ciénaga de la pura casualidad, nos hace ser menos ingeniosos, aunque, en el fondo, sigamos irresueltos. ¿Verdaderamente controlamos algo? ¿Queda tan extramuros de toda lógica la posibilidad de que todos nuestros gestos, hasta los más triviales, estén inducidos por variables inaprehensibles? Dejar sin resquicio a la voluntad es, sin duda, una opción tentadora, sobre todo si se tiene vocación granuja. El propio Einstein parece confirmarlo:

*“No creo en absoluto en la libertad del hombre en un sentido filosófico. Actuamos bajo presiones externas y necesidades internas. La frase de Schopenhauer: «Un hombre puede hacer lo que quiera, pero no puede querer lo que quiere» me bastó desde la juventud.”*

(Albert Einstein, “Mi visión del mundo”).

abriendo la confusa veda del determinismo y dejándonos ante su precipicio como Cristo ante el concepto de verdad a preguntas de Pilatos.

Se ha cumplido este año el 90 aniversario de la visita de Einstein a Zaragoza. Ante la imposibilidad de salir airoso tanto del *apeiron* del azar

**“La invitación oficial la hace Rey Pastor, desde Leipzig, el 22 de abril de 1920, para dar una serie de conferencias en Madrid y Barcelona.”**

como de la espinosa dualidad causalidad/determinismo, resulta más simpático invocar a Hume y dejar que fluya el pasado con sus sucesiones temporales y sus escenarios aunque quizá ese ejercicio de apariencia sencilla tampoco nos libre de dialécticas o desencuentros. Hume, al menos, nos da un criterio de verdad: el contraste con los datos experimentales. Pues, con experimentada cautela, ahí vamos.

### FIJEMOS UN ORIGEN DE TIEMPOS

De algo podemos estar seguros: Einstein no vino directamente a Zaragoza. Hay que esperar a que el *british fair play* lo eleve al cielo en noviembre de 1919, justo un año después de terminar el gravísimo conflicto bélico de la Primera Guerra Mundial. En una Europa crispada y a cara de perro con Alemania, Inglaterra ha tenido el arrojo de montar una expedición para tratar de comprobar experimentalmente alguna de las previsiones de la relatividad general: la desviación de la luz por campos gravitatorios. La confirmación de Crommelin y Eddington tiene el inmediato efecto de la canonización laica de un científico que en ese momento es, al tiempo, en palabras del propio Einstein, judío suizo para los ingleses y hombre de ciencia alemán (en la Alemania ya republicana).

No es en exceso aventurado suponer que esa fama, en un escenario sociológico de hartazgo de los efectos secundarios de la guerra, provenga de la esperanza subyacente en las potencialidades del cerebro humano. De la brutalidad, ya teníamos suficiente confirmación empírica. Pero, dicho en términos corrientes, que alguien llegue a sospechar que la luz pesa, sea capaz de calcular cuánto pesa y una prolija y costosa verificación por el enemigo lo ratifique debe provocar una emoción colectiva a prueba de escépticos. El tiempo no ha retraído del santoral al santo.

Hagamos alguna excepción. No puede considerarse escépticos a los nacionalis-

tas alemanes coetáneos, de cuyos nombres no quiero acordarme. Pero, sin duda, su beligerancia anti-einsteiniana, otra evidencia experimental de la pervivencia de las fobias, es uno de los ingredientes de la sobrevenida dimensión política de la figura de Einstein. El mundo se rifa al héroe y España no es excepción.

En 1920, Esteban Terradas inicia contactos con Einstein, sondeándolo para tratar de traerlo a España. La invitación oficial la hace Rey Pastor, desde Leipzig, el 22 de abril de 1920, en nombre del Institut d'Estudis Catalans y de la Junta para la Ampliación de Estudios, para dar una serie de conferencias en Madrid y Barcelona. No se le fija ningún límite de tiempo sino que se le sugiere abiertamente la posibilidad de que permanezca todo el tiempo que sea necesario. Hay una primera respuesta:

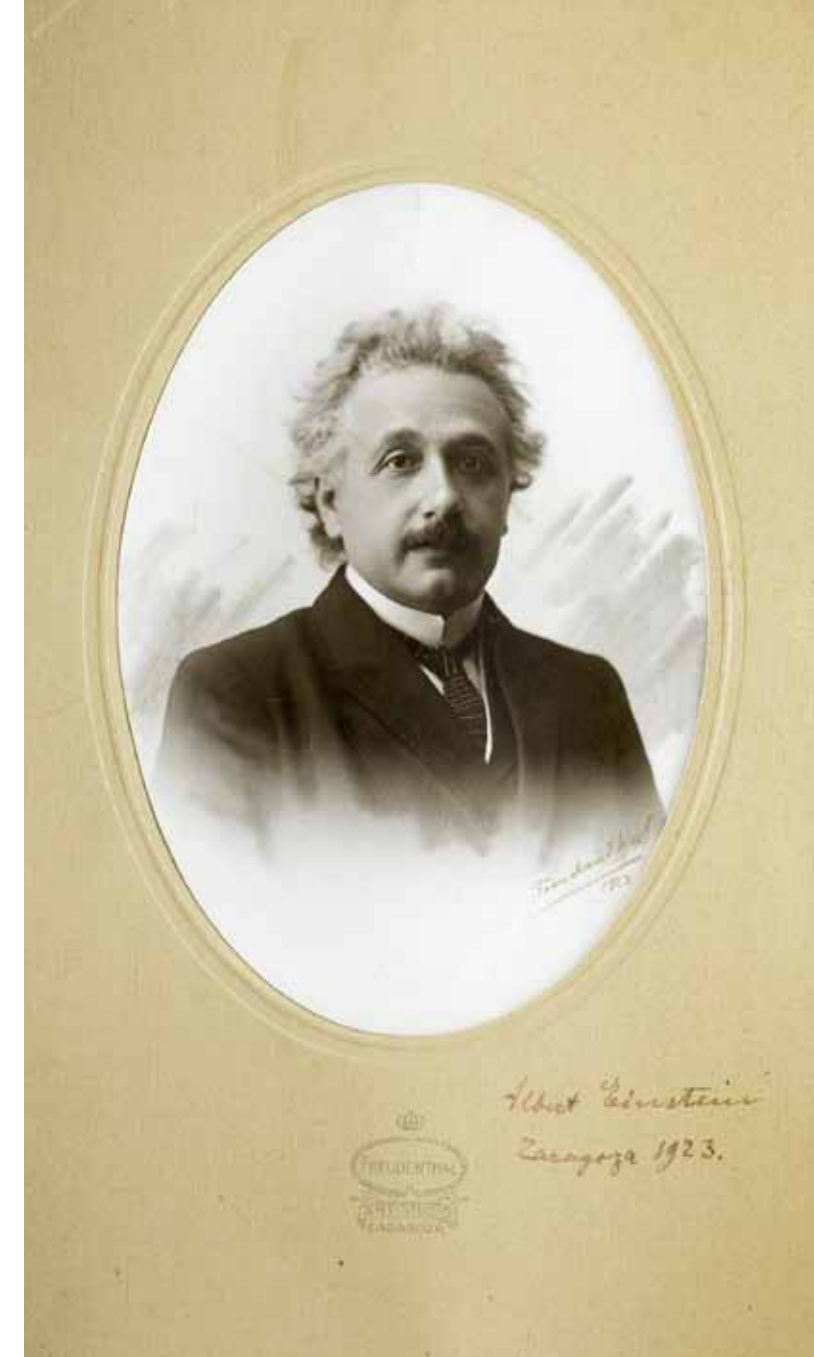
*“Aceptaré su invitación con la condición de que limite mis conferencias al área de la ciencia y de que me pueda valer de dibujos y fórmulas matemáticas. Dada mi total incapacidad para hablar español y mi deficiente conocimiento del francés, sería incapaz de presentar mis conferencias si sólo tuviera que valerme de palabras. El alemán es el único idioma en el que puedo hablar inteligentemente acerca de mi teoría.”*

*Le comunico que espero con placer verlo a usted de nuevo y conocer por mí mismo su hermoso país.”*

(Carta de Einstein a Rey Pastor. Berlín, 3 de junio de 1920.)

El propio Santiago Ramón y Cajal escribe a Einstein en julio para ratificar, en nombre del Ministro de Instrucción Pública, la oferta, oferta que Einstein declina a los pocos días por verla inviable ese año.

En julio de 1921, Terradas insiste. Esta vez Einstein declara que espera poder hacerlo durante el curso académico 1921-1922. No fue así. En mayo de 1922 es Casimiro Lana Sarrate, natural de Sariñena, quien se encarga, con éxito, de negociar el viaje a España, fijándose la visita para el próximo año.



**Imagen dedicada de Albert Einstein con motivo de su visita a Zaragoza.**

Fotografía cedida por el autor.



## Einstein en Zaragoza

Tampoco es una hipótesis de riesgo suponer que Casimiro Lana Sarrate, exalumno de la Facultad de Ciencias de Zaragoza y que, becado por la Junta de Ampliación de Estudios, había estudiado Química Inorgánica en Berlín (1913-1914), con Erdmann, conociendo con este motivo a Einstein, sea uno de los artífices de que Einstein recalase en Zaragoza. El peso pesado Cajal, *espléndido viejo* (palabra de Einstein), tuvo que picar espuelas en Einstein por conocer los humildes orígenes del genio: estaban ambos en las mismas.

### LA VISITA A ZARAGOZA

Como es sabido, Einstein llegó a Barcelona el 22 de febrero de 1923 proveniente de Palestina, tras su viaje a Japón. El asesinato de su amigo

Walter Rathenau, ministro de Estado y asimismo judío, en junio de 1922, ha aconsejado su ausencia de Berlín por una temporada.

Einstein permanece en Barcelona hasta el 1 de marzo. Ese día pasa en tren por Zaragoza, camino de Madrid. HERALDO DE ARAGÓN recoge ya unos primeros indicios:

*EN LA ACADEMIA DE CIENCIAS; EL SABIO EINSTEIN.*

*La Academia de Ciencias, que viene realizando una labor verdaderamente plausible, ha invitado al famoso sabio alemán doctor Einstein, autor del sistema de la Relatividad, a dar una conferencia en dicho centro.*

*Einstein acaba de dar unas conferencias en Barcelona, donde ha sido objeto de multitud de agasajos y atenciones, y hoy llegará a Madrid para disertar sobre su trascendental teoría, que tan gran influencia ha ejercido en las clásicas concepciones científicas.*

*La venida a Zaragoza del doctor Einstein constituiría un verdadero acontecimiento.*

*Todavía no ha contestado a la invitación; pero hay impresiones de que la aceptará.*

(HERALDO DE ARAGÓN. Zaragoza. Jueves, 1 de Marzo de 1923. Pág. 4).

.....  
**Fotografía de Einstein dedicada de su puño y letra con motivo de su visita a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.**

Fotografía cedida por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.



Antiguas Facultades de Medicina y Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

Fotografía de la Facultad de Ciencias.

Naturalmente, la Academia de Ciencias tiene nombres y apellidos y anhelos que la prensa recoge al día siguiente:

*EL DOCTOR EINSTEIN; EN BREVE DARÁ UNA CONFERENCIA EN ZARAGOZA.*

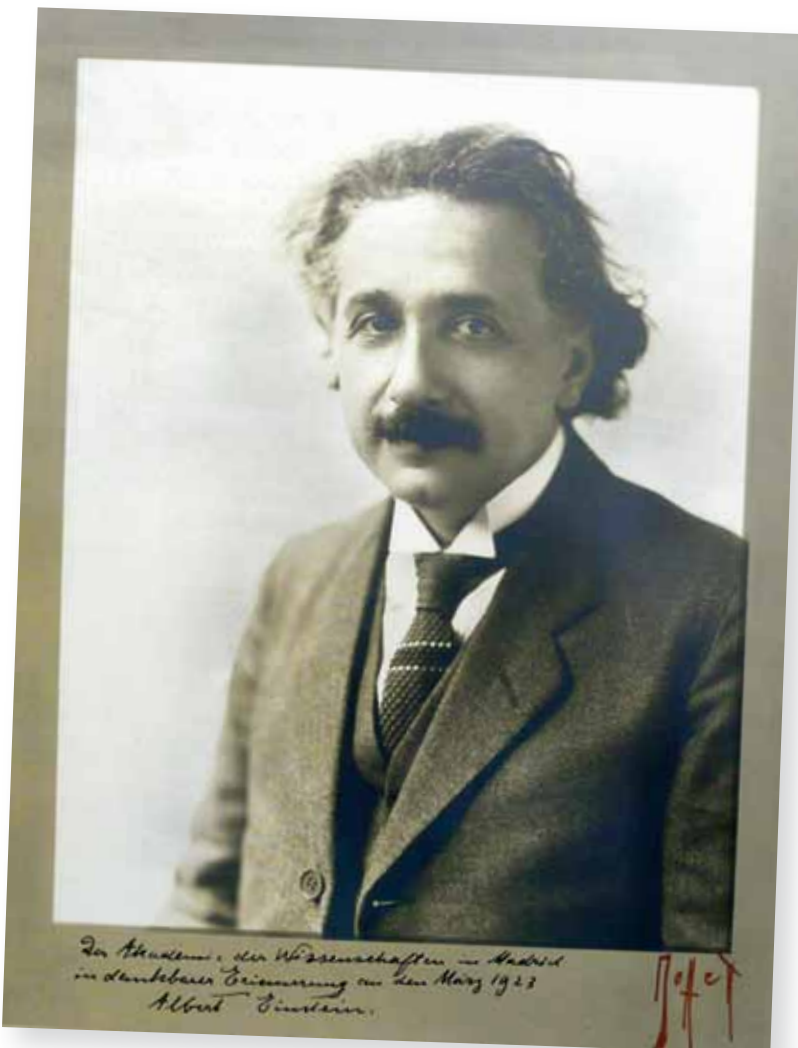
*En el rápido pasó ayer para Madrid, acompañado de su distinguida señora, el sabio alemán Einstein.*

*En la estación fue saludado, en nombre de la Academia de Ciencias, por el catedrático de esta Universidad D. Jerónimo Vecino y por los doctores Ríos y Lanás<sup>1</sup>.*

*El Dr. Vecino le reiteró la invitación para que diese en Zaragoza una conferencia sobre relatividad, invitación que ha sido amablemente aceptada por el Dr. Einstein, quien dentro de una semana vendrá a Zaragoza con este objeto.*

*Nos complace extraordinariamente que el famoso sabio alemán, hoy la más alta figura de la ciencia, haya aceptado la invitación.*

- .....
1. En ausencia de datos contrastables, presumiblemente el doctor Lanás no es otro que Casimiro Lana Sarrate quien, terminada la visita de Einstein a Barcelona, de la que fue asiduo acompañante, se le adelantó viniendo a su tierra. Verosímil, pero conjetura.





De antemano puede asegurarse que los que conocen sus teorías sobre la relatividad aguardan con impaciencia las explicaciones que dé acerca de ellas.

Esa conferencia, como las dadas por Einstein en París, en Barcelona e inmediatamente en Madrid, constituirá un memorable acontecimiento científico.

La Academia de Ciencias puede legítimamente ufanarse de haber logrado que el Dr. Einstein sea el huésped de Zaragoza durante unas horas.

(HERALDO DE ARAGÓN. Zaragoza. Viernes, 2 de Marzo de 1923. Página 1).

Dentro del anecdotario oculto, es interesante reseñar que nadie ha avisado oficialmente al cónsul alemán, Gustavo Freudenthal, de que el jueves 1 de marzo, procedente de Barcelona, pasaba Einstein en tren hacia Madrid. El cónsul se queja a la Embajada:

CONSULADO ALEMÁN DE ZARAGOZA.

Zaragoza, 3 de marzo de 1923.

En su viaje a Madrid, el Dr. Einstein fue saludado en la estación de aquí por representantes de la Universidad de Zaragoza.

Este Consulado desconocía el día del viaje, por lo que tampoco pudo saludarlo.

Como se rumorea que el Dr. Einstein dará una conferencia en Zaragoza, ruego encarecidamente a la Embajada Alemana informe a este Consulado de su llegada con la debida antelación, a fin de que cuando llegue esté también presente el representante alemán.

El cónsul alemán, Freudenthal.

(Freudenthal a la Embajada Alemana. Madrid).

Fuente: Politisches Archiv des Auswärtigen Amts. Berlín).

La prensa se adelanta una vez más a los conductos oficiales: viene Einstein. De paso, nos sitúa ante la realidad:

EL PROFESOR EINSTEIN

El famoso autor de la teoría de la relatividad se detendrá en Zara-

**Antigua sede del Consulado Alemán de Zaragoza.**

Fotografía cedida por el autor.



**Noticia de la visita del científico alemán en un diario de Zaragoza.**

Imagen cedida por el autor.

goza y dará una conferencia, a su regreso de Madrid.

Nuestro querido amigo el catedrático de la Facultad de Ciencias don Jerónimo Vecino, ha recibido el siguiente telegrama:

"Llegaré lunes rápido.- Albert Einstein."

Es, pues, un hecho que en Zaragoza nos dirá algo el profesor Einstein de sus geniales concepciones.

Lástima grande que el lenguaje científico requiera cabalísticas expresiones para la casi totalidad de los mortales, y más en el caso de Einstein, que parte de la cumbre de la matemática; porque si para entenderle no se requiriera iniciación, las lecciones de este revolucionario de las ideas de espacio, tiempo y movimiento y de la Física y Geometría clásicas, tendrían su adecuado lugar al aire libre, donde la multitud, culta o indocta, se apiñara para escucharle y aprender que en nada de esta miserable vida humana se ha dicho la última palabra.

(HERALDO DE ARAGÓN. Zaragoza. Jueves, 8 de Marzo de 1923. Página 2).

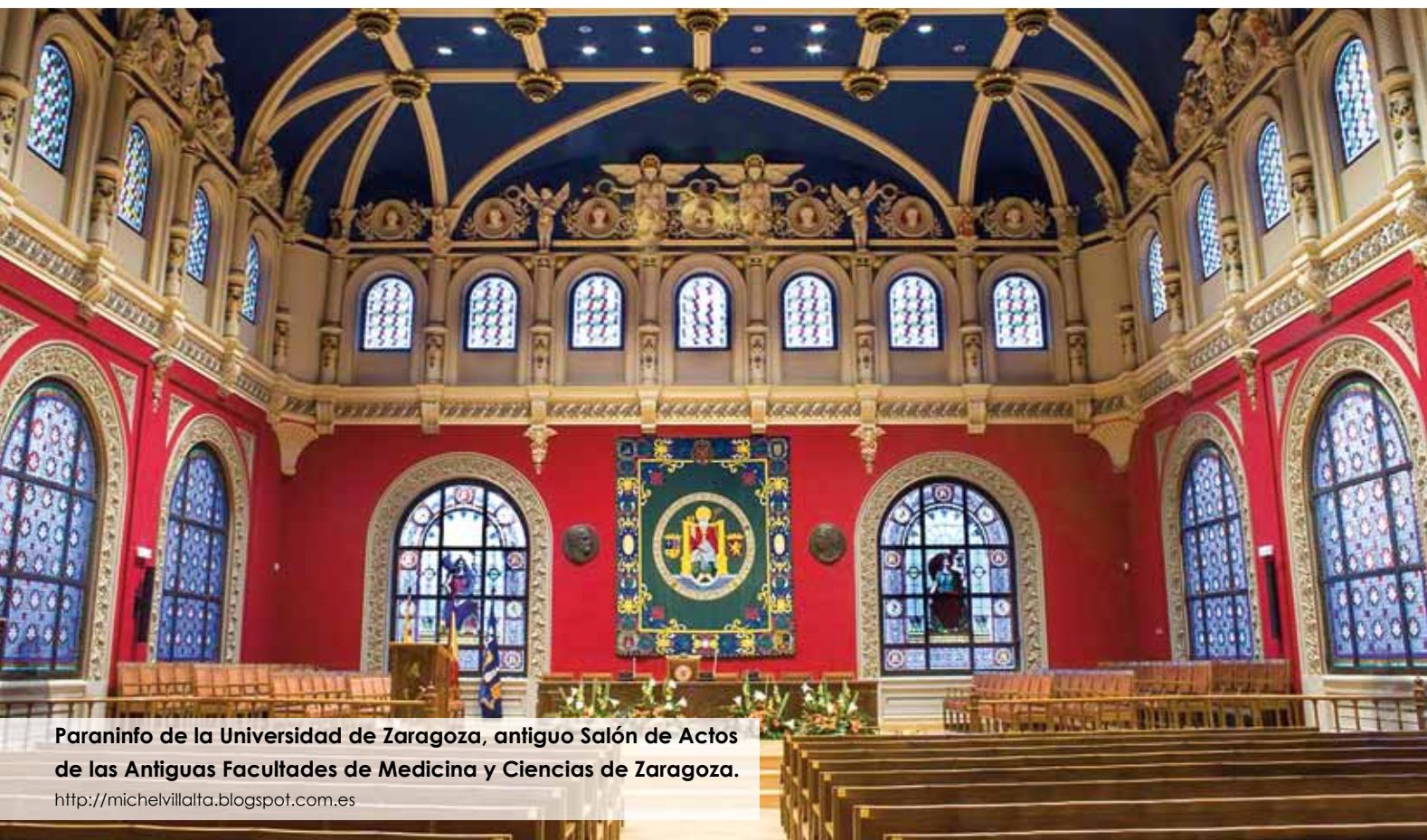
No es pues Albert Einstein quien viene, sino el famoso autor de la teoría de la relatividad, aunque nadie sepa a ciencia cierta qué encierra el rótulo. Naturalmente, de la presencia del santo se avisa la víspera. Fecha, sitio, hora y condiciones de contorno:



**“Contestando a la invitación del Rector de la Universidad, Einstein ha enviado un telegrama, en el que dice que dará gustoso una lección en la Facultad de Ciencias.”**

HERALDO DE ARAGÓN,  
(8-3-1923).





Paraninfo de la Universidad de Zaragoza, antiguo Salón de Actos de las Antiguas Facultades de Medicina y Ciencias de Zaragoza.

<http://michelvallata.blogspot.com.es>

### EL DOCTOR EINSTEIN, EN ZARAGOZA.

Contestando a la invitación del Rector de la Universidad, acordada en junta de decanos, el profesor Einstein ha enviado un telegrama, en el que dice que dará gustoso una lección en la Facultad de Ciencias.

Llegará de Madrid en el rápido del lunes y aquella misma tarde, a las seis, dará su conferencia en la Academia de Ciencias, a la que precederá un discurso de salutación del académico y profesor señor Vecino.

Han sido invitadas a esta conferencia las autoridades, corporaciones y centros de cultura. La entrada será pública, pero las puertas del salón serán cerradas tan pronto como comience la sesión, y no serán abiertas hasta que termine.

El martes, por la mañana, visitará la Universidad y después dará una conferencia a los alumnos de la Facultad de Ciencias.

Tanto esta lección, como la conferencia del día anterior, las dará en el salón de actos del edificio de las Facultades de Medicina y Ciencias.

Al mediodía del martes, el profesor Einstein y su señora serán obsequiados con un banquete en el Centro Mercantil.

(EL NOTICIERO. Zaragoza. Domingo, 11 de Marzo de 1923. Página 2).

El arquitecto Enrique-María Repullés y Vargas, publica en 1894, esto es, inmediatamente después de inaugurarse el edificio de las Facultades de Medicina y Ciencias (inauguración que tuvo lugar al iniciarse en octubre el curso académico 1893-1894), un estudio sobre las características del emblemático centro. Dice en él:

"Frente al vestíbulo arranca, según queda dicho, la escalera principal, de forma imperial, cuya descripción haremos al reseñar la deco-

ración del edificio, así como la del salón de actos o Paraninfo, situado en la planta principal, frente al desembarque en el claustro de dicha escalera." <sup>2</sup>

El resto es sociología de masas y peculiaridades espacio-temporales. Nuevas credenciales:

EINSTEIN EN ZARAGOZA;  
SU CONFERENCIA EN LA ACADEMIA DE CIENCIAS.

Desde ayer tarde es nuestro ilustre huésped, el sabio profesor alemán Alberto Einstein.

Llegó en el tren rápido de Madrid, acompañado de su distinguida señora.

A esperar al profesor Einstein, acudieron a la estación el gobernador civil, señor González Cobos; alcalde, señor Ferrández; rector de la Universidad, señor Royo Villanova; catedráticos, señores Rocasolano y Vecino, otras significadas personalidades de la intelectualidad zaragozana, el cónsul de Alemania y varios súbditos alemanes residentes aquí. (...)

A las seis de la tarde, el salón de actos de la Facultad de Medicina, se hallaba completamente lleno de personalidades de toda clase y condición social; también algunas bellas señoritas y damas distinguidas, engalanaban el severo salón con su presencia.

Minutos después, el profesor Einstein entró siendo saludado con muchos aplausos.

En la presidencia tomaron asiento el rector de la Universidad, doctor Royo Villanova; el presidente de la Academia de Ciencias, señor Rocasolano; el gobernador civil, el alcalde, el coronel de la guardia civil, el teniente coronel de Ingenie-

ros, señor Cueto; los señores Lorenzo Pardo, Calamita, Freudenthal y otras representaciones de entidades invitadas.

El Dr. Vecino, en breves y expresivas frases da la bienvenida al profesor Einstein, el cual, tras algunas palabras de gratitud, entra en materia.

En francés sencillo, claro, comenzó el conferenciante su labor, explicando desde el por qué del nombre de su famosa teoría, de la relatividad, hasta los fundamentos de ella, con toda clase de detalle y ayudado por dibujos y algunas fórmulas en el encerado. (...)

Examinó luego la inercia, la propagación de la luz, la gravitación y sus respectivas leyes, marcando enseguida las variaciones que han sufrido por su teoría de la relatividad y sus consecuencias, de las que han sido comprobadas muchas, entre ellas su afirmación de que la luz es materia ponderable, tiene peso.

El numeroso público, obligado a permanecer hasta el final por el acuerdo de la Academia, de cerrar las puertas del salón durante la conferencia, escuchó con gran atención la conferencia del sabio profesor y lo aclamó al final. (...)

Al profesor Einstein se le otorgó un Diploma de Socio Académico Corresponsal de la de Cien-

**"El numeroso público escuchó con gran atención la conferencia del sabio profesor y lo aclamó al final."**

HERALDO DE ARAGÓN,  
[13-3-1923].

2. Edificio para las Facultades de Medicina y Ciencias en Zaragoza. Proyecto y dirección del arquitecto Ilmo. Sr. D. Ricardo Magdalena. Monografía. Biblioteca del "Resumen de Arquitectura", editada por D. Antonio de Oteiza y Barinaga. Madrid. 1894.





Caricatura de la época, en relación a la visita del científico alemán a Zaragoza.

Imagen cedida por el autor.

**“La repercusión en términos científicos de la visita de Einstein es conjeturable y se escapa conscientemente de estas líneas.”**

cias de Zaragoza, cuyo acuerdo leyó el señor Lorenzo Pardo, secretario de la Academia.

Hoy, a las seis de la tarde, en vez de las once y media de la mañana, organizada por la Universidad, en el mismo lugar, tendrá lugar la segunda conferencia del profesor Einstein que, seguramente, se verá muy concurrida.

(HERALDO DE ARAGÓN. Zaragoza. Martes, 13 de Marzo de 1923).

Lo demás es de sobra conocido: festejo en el Consulado, recorridos por la ciudad, banquete

en el Mercantil. Alardes incluidos del rector, en la segunda conferencia, que no se cumplieron:

### LA SEGUNDA CONFERENCIA.

Con menos asistencia de oyentes que el día anterior y bajo la presidencia del Rector, vice rector, decano de la Facultad de Ciencias, cónsul alemán y varios catedráticos, pronunció el profesor Einstein su segunda conferencia, en el salón de actos de la Facultad de Medicina y Ciencias. (...)

Trató de la estructura del espacio. (...)

El rector, Dr. Royo Villanova, dedicó frases de gratitud al profesor y a los oyentes.

Para que quede algo perenne y constante del paso de Einstein por la Universidad, dijo Royo, he rogado al sabio profesor que no borre y avalore con su firma, los dibujos hechos en las pizarras, durante la conferencia. Estos serán convenientemente fijados y conservados a fin de poder mostrarlos a las generaciones venideras, como reliquias de la fecha de hoy.

(HERALDO DE ARAGÓN. Zaragoza. Miércoles, 14 de marzo de 1923. Páginas 3).

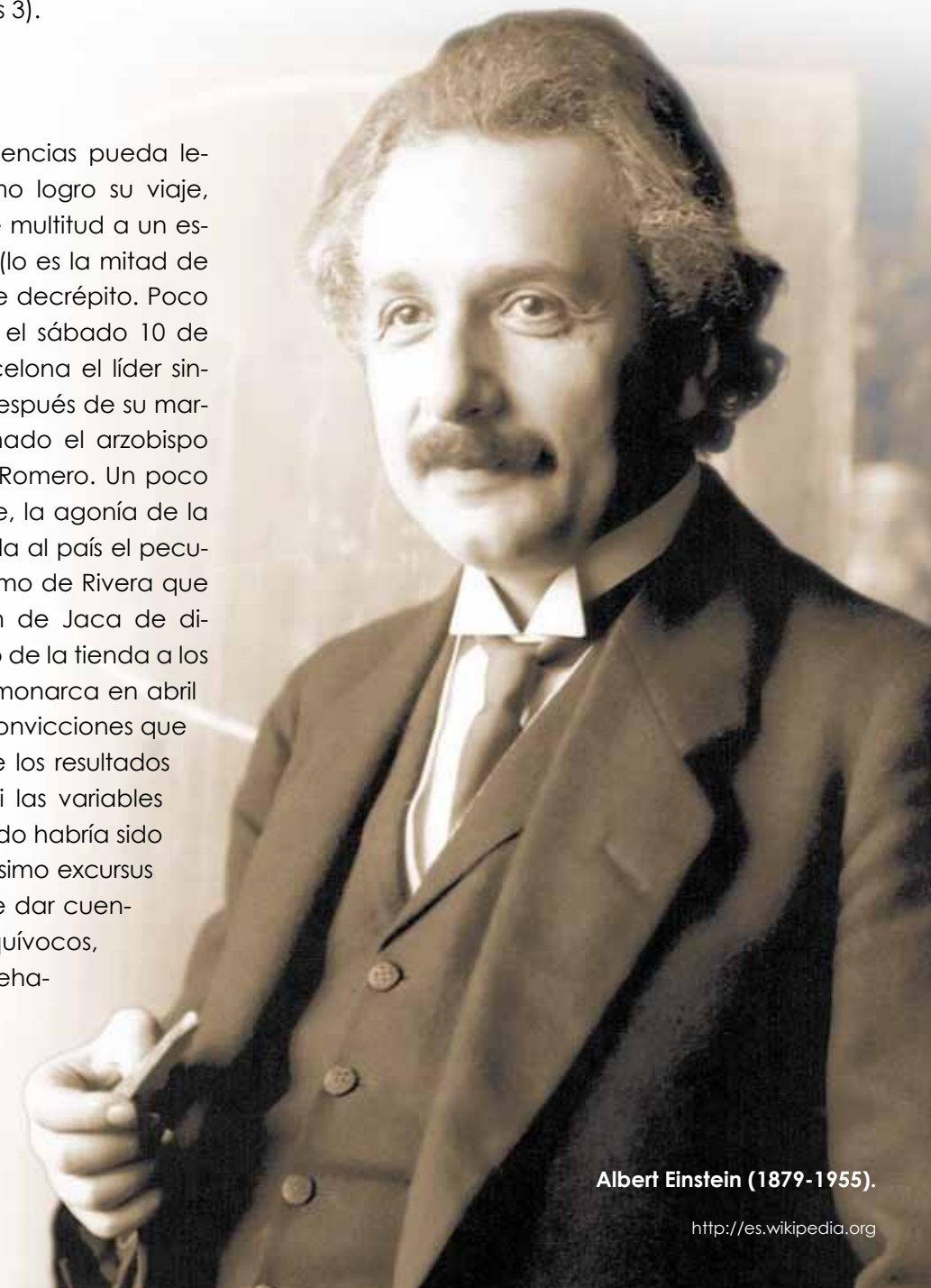
### A MODO DE CONCLUSIÓN

Aunque la Academia de Ciencias pueda legítimamente capitalizar como logro su viaje, Einstein ha venido en olor de multitud a un escenario español analfabeto (lo es la mitad de la población) y políticamente decrepito. Poco antes de llegar a Zaragoza, el sábado 10 de marzo, es asesinado en Barcelona el líder sindical Salvador Seguí. Poco después de su marcha, el 4 de junio, es asesinado el arzobispo de Zaragoza Juan Soldevila Romero. Un poco más allá, el 13 de septiembre, la agonía de la Restauración borbónica brinda al país el peculiar episodio del golpe de Primo de Rivera que culminará en la sublevación de Jaca de diciembre de 1930 y el traspaso de la tienda a los republicanos y la caída del monarca en abril de 1931. Cabalgan por ahí convicciones que invocan el indeterminismo de los resultados basándose en tautologías: si las variables hubieran sido otras, el resultado habría sido diferente. Evidente. Este brevísimo excursus no ha tenido otro objeto que dar cuenta, a modo de referentes inequívocos, de alguno de los resultados fehacientes de la visita, es decir, de parte de la resultante momentánea de la interacción de todas las variables, azar incluido, sea

lo que fuere el azar. El criterio de verdad es su condición de hechos tangibles y documentados. La repercusión en términos científicos de la visita de Einstein es conjeturable y se escapa conscientemente de estas líneas.

Javier Turrión

Físico



Albert Einstein (1879-1955).

<http://es.wikipedia.org>



Puentes de comunicación con nuestros

# ANTIGUOS ALUMNOS



**CIENCIAS ZARAGOZA**

Inicio Futuros alumnos Alumnos Antiguos alumnos Exchange students FOI PAS Empresas Educación Secundaria

English Acceso privado

### Inscribirse

**Datos Personales**

Apellidos\*

Dirección\*

Población\*

País\*

Teléfono

e-mail\*

Lugar de nacimiento

Nacionalidad

Nombre\*

ENI\*

Código Postal\*

Provincia\*

(Indicar la provincia en caso de residir en España)

Teléfono móvil

Fecha nacimiento (dd/mm/aaaa)

**Datos académicos**

Universidad de Zaragoza. Facultad de Ciencias

Triluo\*

Añadir más titulaciones...

Año de finalización de estudios\*

**Datos Profesionales**

¿Está trabajando actualmente?  Sí  No

**Sector empresa\***

Empresa\*

Cargo\*

Dirección\*

Población\*

País\*

e-mail\*

Código CNAE (var anexo)

Fecha de inicio\* (dd/mm/aaaa)

Código Postal\*

Provincia\*

(Indicar la provincia en caso de domicilio en España)

Teléfono

**Datos de validación de usuario**

Usuario\*

(Entre 5 y 20 caracteres)

**Miembro de Ciencia**

**Inscripción Antiguos Alumnos**

Pulsar para confirmar

Si eres Antiguo Alumno  
**INSCRÍBETE EN NUESTRA WEB**

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

*¡Te estamos esperando!*