

Lo crudo y lo cocido: Reflexiones de un químico sobre su profesión

PREÁMBULO

Muchos de ustedes habrán oído hablar de la controversia entre Albert Einstein (Premio Nobel de Física, 1921) y Henri Bergson (Premio Nobel de Literatura, 1927, veáse **Figura 1**) a propósito del tiempo. El tiempo de los físicos y el tiempo de los filósofos. Se cuenta que una vez coincidieron en una recepción. Bergson se acercó a Einstein y le dijo en francés: "Señor Einstein: tengo curiosidad por su manera de trabajar: ¿que hace usted? ¿Lleva consigo una libreta donde anota sus ideas?" Einstein se quedó pensativo y contestó: "Verá, Señor Bergson, yo sólo he tenido una o dos ideas en toda mi vida".

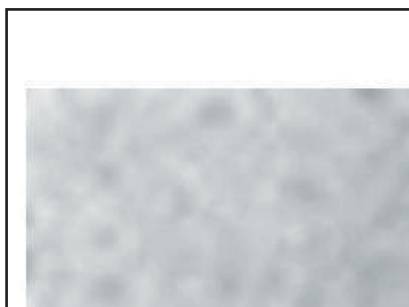


Figura 1.

Como no se puede tener una centésima de idea, forzoso es concluir que lo más probable es que yo no haya tenido ninguna idea en mi vida. Esto viene a cuento de dos cosas. La primera y más importante es la posición de la física frente a la química, sobre la que volveré más tarde. La segunda es que muchas de las cosas de las que voy a hablar hoy ya las he dicho en otras ocasiones. Ni siquiera de estas pequeñas ideas, de estos temas generales, es fácil tener cosas nuevas que contar.



Elguero Bertolini
Profesor de Investigación del CSIC

Voy a dividir esta charla en cuatro apartados:

1. Lo natural y lo artificial
2. La física y la química
3. Las matemáticas y la química
4. La situación de la química en España

PRIMER TEMA: LO NATURAL Y LO ARTIFICIAL

Les voy a mostrar la portada de la revista de una sociedad hermana, la francesa (**Figura 2**). Trata de enzimas y les hace preguntarse en portada **¿y si fuésemos nosotros el porvenir de la química?** Los enzimas y toda la química de los seres vivos son fuente extraordinaria de inspiración. Su gran eficacia y perfección nos admiran. Pero detrás de esta indiscutible verdad se esconde una segunda opinión: **los seres vivos utilizan una química limpia, buena, eficaz, barata, elegante.** Los químicos, nosotros, **una sucia, mala, ineficaz, cara y grosera química.** Fíjense en el mensaje de la portada: arriba los químicos, humo negro, colores rojos y amarillos, infernales. Abajo los encimas: tonos verdosos, escena bucólica. **¡Y es una revista de los químicos!**

El antropólogo francés Claude Levi-Strauss, en el volumen I de *Mitológicas*, **Lo crudo y lo cocido**,

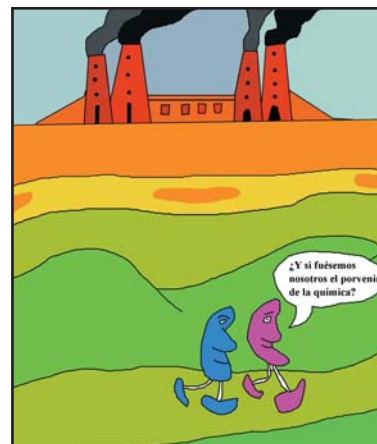


Figura 2.

(**Figura 3**) reflexiona sobre este tema de una manera profundamente original. A propósito de los mitos de los indios de Amazonia, Levi-Strauss discute la oposición entre lo crudo y lo cocido, entre naturaleza y cultura, o entre animalidad y humanidad. Dice que el veneno (utilizado para cazar, en la punta de las flechas, y para pescar, envenenando los ríos) es una especie de cortocircuito entre naturaleza y cultura. Es una sustancia natural, que como tal, viene a insertarse en una actividad cultural. El uso del veneno aparece pues como un acto cultural, engendrado directamente por una propiedad natural. Según Levi-Strauss la naturaleza es continua y lenta, mientras que la cultura es discontinua y rápida.

Es tentador asimilar la química al veneno, en el sentido de puente entre lo natural y lo artificial. Los químicos, como la lanzadera, en nuestro ir y venir entre lo crudo y lo cocido, tejemos la tela de la sociedad. En esa tensión entre dos contrarios se produce la creación. Ni prisioneros de lo que existe, ni ajenos a la naturaleza, transformándola pero con respeto. Hacía un

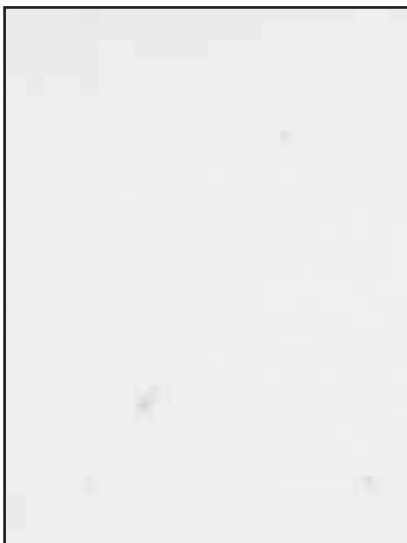


Figura 3. Portada del libro

mundo diferente, pero sostenible.

Dijo Roald Hoffmann en su conferencia en La Residencia de Estudiantes, dentro del ciclo **Ágora para la Ciencia**, que no debemos esperar, ni siquiera desear, que la sociedad tenga una percepción enteramente positiva de la química. Según el Profesor Hoffmann, la química es fundamentalmente la ciencia del cambio, de la transformación. Y la sociedad siempre será ambivalente frente al cambio, a la vez deseando mejorar y temiendo empeorar. Es decir, verán siempre lo que la química puede aportar de bueno pero desconfiarán no sólo de lo malo que pueda traer, sino incluso, de un cambio demasiado rápido del mundo en el que están acostumbrados a vivir.

SEGUNDO TEMA: LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

¿Por qué a los químicos nos parece que estamos en un momento espléndido y a los demás científicos les parece aburrido y decimonónico? "The fullerene, and so what?" dicen que dijo John Maddox. ¿Tiene la química interés o sólo lo tienen los compuestos químicos?

He elegido como fondo una viñeta de dos físicos muy célebres, ambos Premio Nobel de Física, Richard Feynman (1965) y Murray Gell-Mann (1969) (**Figura 4**) y ambos excelentes divulgadores. Los químicos tienen una enorme deuda de

gratitud con Feynman por un artículo profético "There's Plenty of Room at the Bottom" ("Hay mucho sitio en el fondo") del 29 de diciembre de 1959. En él, Feynman plantea una serie de problemas (para el año 2000 escribe) que han revolucionado la ciencia de los materiales y las nanotecnologías. Es verdad que la microscopía de efecto túnel era necesaria y no se descubrió hasta 25 años más tarde (Gerd Binnig y Heinrich Rohrer, Premios Nobel de Física, 1986) **¡pero se descubrió!**

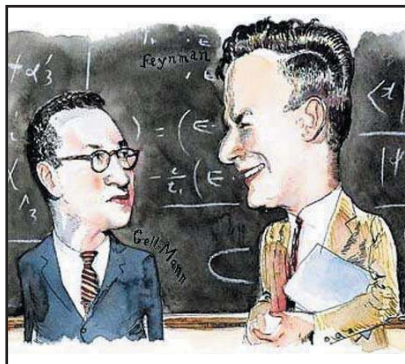


Figura 4. Cartoon

Los dos han escrito sobre la relación entre física y química. Feynman en *Six Easy Pieces* (1963) aunque adopta una posición reduccionista señala que una cosa es conocer las reglas del ajedrez y otra saber jugar. Gell-Mann, treinta años después, en *The Quark and the Jaguar* (1994) escribe que, en principio un físico teórico utilizando la electrodinámica cuántica (QED) es capaz de contestar cualquier pregunta de un químico, pero añade, que primero es necesario formular la pregunta. Quiero, sin embargo, recordarles que algo tan fundamental como el sistema periódico de Mendeleiev no fue descubierto por los físicos ni es fácilmente calculable por la física.

Los físicos tienen universo "bornado", los químicos, no. Por ejemplo, en física, la exploración de los límites es una fuente de riqueza considerable. En cosmología, el tiempo más próximo a cero. En partículas elementales, la energía más alta. Recordemos que en temperatura, el acercamiento asintótico al cero Kelvin ha dado grandes frutos: superconductividad (1911), superfluidez del helio-4 (1938), superfluidez del helio-3 (1972), con-

densación de Bose-Einstein (que dio lugar a los premios Nobel 2001, uno de ellos ha estado entre nosotros, el **Profesor Eric A. Cornell**). En química no hay límites pero tampoco direcciones claras hacia donde caminar.

En la conferencia Strings 2000, los participantes fueron invitados a formular los diez problemas no resueltos en **física fundamental** (no sólo importantes sino también claramente definidos y expresados). He aquí los diez problemas:

1. ¿Son todos los parámetros adimensionales medibles, que caracterizan el universo físico, calculables en principio o algunos están meramente determinados por accidente histórico o mecanocuántico y son incalculables?
2. ¿Cómo puede ayudar la gravedad cuántica a explicar el origen del universo?
3. ¿Cuál es la vida media del protón y cómo entenderla?
4. ¿Es la Naturaleza supersimétrica, y si es así, como se rompe la supersimetría?
5. ¿Porqué aparentemente el universo tiene una di-mensión temporal y tres espaciales?
6. ¿Porqué la constante cosmológica tiene el valor que tiene? ¿Es igual a cero y es realmente una constante?
7. ¿Cuáles son los grados fundamentales de libertad de la teoría M (la teoría cuyo límite de baja energía es la supergravedad de once dimensiones y que engloba las cinco teorías consistentes de supercuerdas) y describe esta teoría la naturaleza?
8. ¿Cuál es la solución de la paradoja de la información del agujero negro?
9. ¿Cómo explica la física la enorme disparidad entre la escala gravitacional y la típica escala de la masa de las partículas elementales?
10. ¿Podemos comprender cuantitativamente el confinamiento de quarks y gluones en cromodinámica cuántica y la existencia de un intervalo de masa?



Cualquier persona, no es necesario ser físico ni siquiera científico, se da cuenta de que nuestro sistema de unidades no es satisfactorio: unas vienen de la revolución de la tierra alrededor de si misma, otras del tamaño de la tierra, varias de las propiedades del agua,... La búsqueda de un sistema no antropomórfico de unidades es un problema apasionante aunque conduzca a cosas como la distancia de Planck ($1,6 \times 10^{-35}$ m) tan difícil de imaginar.

Vamos a comparar esa lista con dos listas, propuestas aproximadamente al mismo tiempo, por eminentes químicos. Primero la lista de Stephen J. Lippard (del MIT). Dicha lista está expresada como una serie de deseos. Los he acortado para que quepan en una página.

1. Deseamos crear entidades que incluyan muchos **componentes idénticos** ... para que sirvan como receptores.
2. Deseamos crear **moléculas auto-replicantes** y reacciones químicas capaces de corregirse a si mismas ... incluyendo las reacciones catalíticas.
3. Deseamos entender la naturaleza de una transformación química nueva ... diseñar de manera racional un **catalizador** para dicha reacción.
4. Deseamos explorar la química en las interfases ... controlar la estereoquímica de los **catalizadores heterogéneos** fabricados y utilizados en grandes cantidades.
5. Deseamos encorsetar edificios supramoleculares para preservar la integridad de especies químicas lábiles.
6. Queremos usar síntesis en paralelo, automatizadas, o química combinatoria ... de una **manera evolutiva**.
7. Deseamos controlar la dirección y la orientación de acercamiento de una molécula que reacciona con otra.
8. Deseamos entender los movimientos internos de las moléculas ... un pulso de energía electromagnética pueda ser utilizado para disociar específicamente un **determinado enlace** en la molécula.

9. Deseamos entender la estructura y dinámica de las interacciones intermoleculares.

10. Deseamos concebir reactivos ... capaces de atacar enlaces químicos tradicionalmente considerados **inertes**.

11. Deseamos encontrar medios para convertir sustancias **naturales abundantes en la naturaleza** en pequeñas moléculas útiles.

12. Deseamos desarrollar el arte de llevar a cabo reacciones químicas **sin disolvente**.

13. Deseamos crear reactivos que modifiquen químicamente parte de una molécula sin necesidad de proteger y luego desproteger otros sitios activos.

14. Deseamos crear productos químicos ... sustancias **no peligrosas** ... recursos **renovables**.

15. Deseamos entender ... las propiedades de compuestos de **tamaño comprendido entre 1 y 100 nm** intermedios entre el estado molecular y el estado sólido.

16. Queremos investigar la **química de moléculas individuales**.

17. Deseamos crear moléculas que se **auto-ensamblen** en estructuras supramoleculares.

18. Queremos aprender como hacer crecer **sólidos cristalinos** ... para incorporar **huéspedes** en esos cristales.

19. Deseamos encontrar composiciones no usuales de la materia ... en combinaciones no descubiertas.

20. Deseamos dominar la química de las especies encapsuladas ... liberando a voluntad ... un anfitrión.

21. Deseamos entender y utilizar la química ... de los **radicales** poli-atómicos.

22. Deseamos desarrollar nuevos métodos teóricos para entender el enlace químico ... sistemas químicos reales.

De esta lista he seleccionado dos, el **6** y el **7**, que me gustan especialmente:

Si consiguiésemos una reacción química que se auto-mejorase, que cambiase, podríamos modelar la evolución, dividiendo por mil o por cien mil, los tiempos de los proce-

sos darwinianos. En esta dirección trabajan Jean-Marie Lehn (al que oímos hace unos días) y también Manfred T. Reetz (Instituto Max Planck de Mülheim an der Ruhr) el cual está creando enzimas enantioselectivos por un método que imita la evolución.

Si lográsemos que todas las colisiones fuesen eficaces lograríamos aceleraciones, rendimientos y selectividades impensables hoy día.

La segunda lista ha sido establecida por 17 químicos e ingenieros químicos bajo la supervisión de Ronald Breslow (Columbia University) y Matthew V. Tirrell (University of California, Santa Barbara):

1. Aprender a **sintetizar** ... cualquier sustancia nueva que tenga interés científico o práctico, usando síntesis compactas ... alta selectividad ... bajo consumo de energía ... efectos medioambientales benignos.
2. ... Detectar e identificar sustancias y organismos peligrosos utilizando **métodos de alta sensibilidad y selectividad**.
3. Entender y controlar como **reaccionan las moléculas** - a lo largo de **toda la escala temporal** y del **intervalo completo de tamaño molecular**. Modelado molecular predictivo de los movimientos moleculares ... Manipular moléculas individuales ...
4. Aprender a diseñar ... sustancias, materiales y dispositivos moleculares con propiedades que puedan ser predichas, hechas a medida y ajustadas **antes de fabricarlas**. Química teórica y computación ...
5. Entender la química de los **sistemas vivos** en detalle ... La biología es cada vez más una ciencia química y la química se vuelve cada día más una ciencia de la vida.
6. Desarrollar **medicamentos** ... que puedan curar enfermedades hoy día sin tratamiento.
7. Desarrollar **auto-ensamblaje** ... para la síntesis de sistemas y materiales complejos.



8. Entender la complicada química de nuestro planeta ... de tal manera que podamos mantener su habitabilidad ... crear nuevos métodos para combatir la contaminación ...

9. Desarrollar energía ilimitada y barata ... que abra el camino hacia un futuro verdaderamente sostenible ... células de combustible ... confinar la energía luminosa ... superconductores ... distribución de la energía.

10. Diseñar y desarrollar sistemas químicos que se auto-optimicen (basados en el método que permite la optimización de sistemas biológicos mediante la evolución).

11. Revolucionar el diseño de procesos químicos ... comercialización de productos nuevos.

12. Comunicar con eficacia al público general las contribuciones que la química ... ha hecho a la sociedad.

13. Atraer a los mejores ... jóvenes estudiantes hacia las ciencias químicas.

Aquí de nuevo he seleccionado un par de ejemplos, el **5** (porque describe muy bien las relaciones entre la química y la biología) y el **10** (porque recuerda al **6** de la lista anterior).

Si comparamos las listas de los físicos con las de los químicos observamos:

1. Las listas de los químicos, aunque hayan sido establecidas colectivamente, reflejan sus campos de investigación, son menos generales que las de los físicos. Se nota el momento en que han sido establecidas y la clara influencia de personalidades como la de Jean-Marie Lehn (hay mucho "supra") y la de Julius Rebek (hay mucho "self", mucho "auto").

2. Las preguntas de los físicos, cuando se sepan contestar, proporcionarán un profundo y casi completo conocimiento del Universo. Las de los químicos no son preguntas, son deseos, modos de acción. **Cuando se consigan mejorarán la calidad de vida de la humanidad pero no la harán progresar**

mucho hacia la última frontera.

3. Los físicos pueden cometer errores (recuerden la pregunta **6** tan ligada a Einstein: ¿Porqué la constante cosmológica tiene el valor que tiene? ¿Es igual a cero y es realmente una constante?). Tengo la impresión que ya ha pasado el tiempo de las teorías químicas erróneas (carbocationes clásicos y no clásicos, algún mecanismo de reacción,...). Me refiero a las serias, no a la memoria del agua. Piensen: ¿recuerdan algún ejemplo reciente de teoría química importante falsa? En el pasado, eso no era así. Cuando Arrhenius propuso su teoría de los electrolitos (1884) muchos químicos fueron escépticos.

4. Los físicos se contentan con tener una o dos grandes ideas en su vida. Dicen que Feynman nunca dejó de lamentar no haber conocido la emoción de ser el primero en entender una verdad nueva. Los químicos buscan solucionar muchos problemas aunque sean pequeños.

La medida de la circunferencia de la tierra por **Eratóstenes** (7)

El experimento de **Galileo** de la caída de los cuerpos (2)

Los experimentos de **Galileo** con bolas rodando por un plano inclinado (8)

La descomposición de la luz solar con un prisma realizada por **Newton** (4)

El experimento de la balanza de torsión de **Cavendish** (6)

El experimento de **Young** de interferencia de la luz (5)

El péndulo de **Foucault** (10)

El experimento de **Millikan** con la gota de aceite (3)

El descubrimiento del núcleo por **Rutherford** (9)

El experimento de doble rendija de **Young** aplicado a la interferencia de electrones únicos (1)

5. Para el público en general, los proyectos de los físicos ("Una misión no tripulada al centro de la tierra") son más comprensibles, más atractivos, que los de los químicos. Tiene razón la Editora de *Chemical & Engineering News*, Madeleine Jacobs, de quejarse de que la lista

de los 10 más bellos experimentos científicos sean todos de física. Están ordenados cronológicamente, el número a la derecha es el orden de importancia.

Repito, tiene razón la Editora de *Chemical & Engineering News*, de escribir que las medidas de combustión del azufre y del fósforo por **Lavoisier**, la síntesis de la urea por **Wöhler** o la separación de enantiómeros por **Pasteur** son de importancia comparable. **¡Et pur, si muove!**

Permítanme que les muestre ahora las imágenes de tres científicos españoles.

En primer lugar, la de D. José Echegaray (**Figura 5**. Echegaray, 1901-1916), primer Presidente de nuestra Sociedad, Ingeniero de Caminos, matemático y físico estimable (introdujo en España la teoría de los Determinantes y el Cálculo de las Variaciones) y **Premio Nobel de Literatura de 1904** cito: "en reconocimiento por sus numerosas y brillantes composiciones, las que de una manera individual y original, han hecho revivir las grandes tradiciones del drama español". Echegaray fue Presidente de Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de 1901 a 1916. La máxima distinción de dicha Academia lleva el nombre de "Medalla Echegaray".

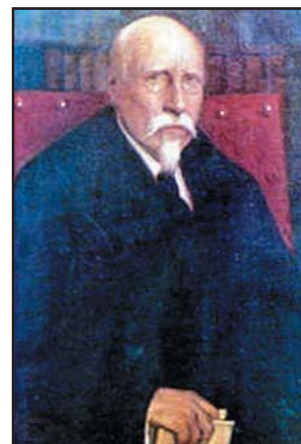


Figura 5. Echegaray, 1901-1916

Las sociedades químicas son generalmente más antiguas que la nuestra y preceden los Premios Nobel (que empezaron en 1901): 1841



(The Chemical Society of London, primer presidente Thomas Graham), 1857 (Société Chimique de Paris, primer presidente Jacques Arnaudon, primer secretario Charles Wurtz), 1867 (Deutsche Chemische Gesellschaft, primer presidente, August Wilhelm von Hofmann), 1868 (Sociedad Química Rusa, fundada por Mendeleiev y Menshutkin), 1876 (American Chemical Society, Primer Presidente, John W. Draper).

Que curioso, probablemente somos la única Sociedad de Química fundada por un Premio Nobel, pero no por uno de Química, ¡uno de Literatura! No tengo la impresión de que **D. José Echegaray y Eizaguirre** deba ser considerado como un hombre del Renacimiento ni como un contraejemplo de Las Dos Culturas. Más bien como un hombre de letras con una titulación científica. Cosa frecuente en medicina (Rabelais, Celine, Baroja, Conan Doyle, Chekhov, Dos Pasos,...) pero relativamente rara en ciencias, aunque algún ejemplo célebre haya, como Ernesto Sábato.

La última persona que obtuvo la Medalla Echegaray, fue D. Manuel Lora-Tamayo, (**Figura 6.** Lora-Tamayo, 1970-1985, que la obtuvo en 1998) Presidente de la Academia de 1970 a 1985 y Presidente de nuestra Sociedad entre 1949 y 1953, probablemente el químico español más representativo del siglo XX fallecido hace sólo unos meses.



Figura 6. Lora-Tamayo, 1970-1985, que la obtuvo en 1998

Su alumno, D. Angel Martín Municio, (**Figura 7.** Martín Municio, 1985-2002) presidió la Real Academia entre 1985 y 2002, fecha de su fallecimiento. Fue un sobresaliente bioquímico y profesor de algunos de nosotros. Recordemos que participó en la reunión de Santa María de Huerta y fue primer vicepresidente (con Josep Castells) del **Grupo especializado en Química Orgánica y Bioquímica** de nuestra Sociedad. Luego volveré sobre este evento.



Figura 7. Martín Municio, 1985-2002

Un último comentario sobre las listas de Lippard y de Breslow.

Aparte de servir para unas oposiciones, a mí me parece que serían excelentes para **un curso de verano** ya que cubren todas las ramas de la química de una manera prospectiva. Es tentador pensar en los conferenciantes para tratar los veintidós temas de Lippard o los trece temas de Breslow-Tirrell.

El punto 12 de estos últimos dice: "Comunicar con eficacia al público general las contribuciones que la química y la ingeniería química hacen a la sociedad. Químicos e ingenieros químicos necesitan aprender como comunicar de una manera eficaz con el público general - tanto a través de los medios como directamente - para explicar lo que los químicos hacen y comunicar los objetivos y conquistas de las ciencias químicas en su búsqueda de un mundo mejor". A ese propósito, el Profesor Richard R. Ernst ha escrito un texto muy luminoso en el que trata, entre otras muchas cosas, sobre nuestra responsabilidad como educadores públicos. De ella extraigo la siguiente cita: "Pienso que nosotros, los científicos,

tenemos que operar a dos niveles **simultáneamente**. Al nivel de la investigación fundamental, debemos explorar las leyes básicas subyacentes de la naturaleza. Los aspectos microscópicos de la investigación son realmente indispensables. Si no nos preocupamos de los **detalles más pequeños**, no avanzaremos en el conocimiento y es mejor que ni siquiera empeemos. Pero al mismo tiempo debemos desarrollar actividades conceptuales a un **nivel mucho más tosco**, a un nivel en el que una interacción fructífera con los **políticos** y con el **público general** sea posible y beneficiosa para **ambas partes**".

TERCER TEMA: LAS MATEMÁTICAS Y LA QUÍMICA

No crean que me he vuelto loco y que creo que soy David Hilbert (**Figura 8.** foto de Hilbert) hablando en París el 8 de Agosto de 1900 durante el Segundo Congreso Internacional de Matemáticas que tuvo lugar en esa ciudad con motivo de la Exposición Universal Internacional (15 de abril al 12 de noviembre de ese año). Pero el discurso de Hilbert, **en mi opinión el más importante jamás leído**, es un pretexto para algunas reflexiones que me gustaría compartir con ustedes.



Figura 8. foto de Hilbert

Hilbert renunció a presentar sus trabajos, a pesar de ser en aquel momento junto con Henri Poincaré el matemático más famoso del mundo, (**Figura 9.** foto de

Poincaré), para proponer veintitrés problemas cuya solución le parecía merecer la atención de su auditorio. Aunque no todos eran igualmente importantes ni todos estaban formulados correctamente (el lenguaje matemático evoluciona) se puede decir que los trabajos realizados por los matemáticos en el siglo XX están, en gran parte, relacionados con los problemas de Hilbert. Algunos son tan famosos como el último teorema de Fermat (resuelto por Andrew Wiles en 1994) o la conjetura de Goldbach (relacionado con la función ζ de Riemann y aún sin resolver).



Figura 9. Foto de Poincaré

1.- El texto es de 1900 y en el figuran un gran número de matemáticos, incluidos Euclides de Alejandría y Arquímedes de Siracusa, veintisiete alemanes (Gauss, Riemann, Klein, Kronecker, Cantor, Hermann Schubert,...), doce franceses (Fourier, Poincaré, Cauchy, Galois, Camille Jordan,...), suizos, italianos, rusos (Minkowski,



Figura 10. Foto del libro: *Debemos saber. Sabremos*

Andrei Nikolaevich Kolmogorov	Leo Zippin	Henri Poincaré	Vladimir Igorevich Arnold	Hermann Weyl
David Hilbert & Hermann Weyl	Teiji Takagi	David Hilbert	Kurt & Adele Gödel	Paul Cohen
Martin Davis	Julia Robinson	Emil Artin	Max Dehn	Sergey Natonovich Bernstein

Lobachevsky,...), noruegos (Abel y Lie), suecos, belgas (de la Vallée-Poussin), británicos, americanos,... pero ningún español. En un libro del año 2002 sobre el estado de los veintitrés problemas (Figura 10. foto del libro: Debemos saber. Sabremos) en donde figuran todos los matemáticos que han contribuido a su solución, tampoco figura ningún español.

Creo que es más difícil que un español obtenga la medalla Fields o el premio Abel que no un premio Nobel de química. Es una suerte que Nobel dedicara un premio a la química ya que si los químicos tuviesen que competir con otros científicos para un premio general "lo tendrían crudo" (véanse los Premios Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica). Es también digno de reflexión que una disciplina que, en aquel tiempo requería unos recursos muy modestos, estuviese tan olvidada en España. Si no era debido a un exceso de ingeniería, como se ha dicho de Estados Unidos, ni a falta de dinero, **¿cual es la causa de nuestra pobre contribución a las matemáticas?** Les dejo pensar sobre ello pero no olviden que la falta de medios no es la única razón de nuestro retraso.

2.- Una comparación del discurso de Hilbert con documentos químicos similares no es posible: no hay ni ha habido químico capaz de realizar una tarea similar. Pero disponemos de documentos colectivos, como los ya citados y el célebre informe Pimental (George C. Pimentel, *Opportunities in Chemistry*, 1985). Lo que llama la atención es la ambición de las matemáticas, la pureza y la belleza de los problemas. Les leo una frase del discurso de Hilbert: "This conviction of the solvability of every mathe-

matical problem is a powerful incentive to the worker. We hear within us the perpetual call: There is the problem. Seek its solution. **You can find it by pure reason, for in mathematics there is no ignorabimus**". Por ejemplo, el problema número 18 está relacionado estrechamente con la cristalografía, con el nombre de Schönflies y con los problemas de empaquetamiento. En un espacio euclídeo de tres dimensiones, la manera de disponer esferas que dejen el menor hueco posible (máxima densidad) es la que los tenderos usan para colocar naranjas en el mercado (densidad $\pi/\sqrt{18}$ 0,7405, 74% citó el Profesor Julius Rebek en su conferencia). ¿Saben ustedes que es un problema no resuelto de manera general? Tan sencillo y tan difícil.

3.- La evolución de la química hacia la biología es imparable. La biología es el nicho ecológico natural de la química: o la química se biologiza o desaparece como gran disciplina científica. La reformulación de los grandes problemas biológicos en lenguaje químico es una necesidad. La química es la axiomática de la biología. En ese sentido, nuestra tarea será humilde pero necesaria. A pesar de los nuevos materiales, no hay duda de que la gran corriente que arrastra a los químicos les lleva al océano de la vida. ¿Que lección nos dan Hilbert y las matemáticas? **Yo diría la de la ambición: no hay problema lo bastante difícil que un químico no pueda resolver. No caigamos en la facilidad, el cenagal de la química, abordemos problemas que nos atraigan por su belleza, por su dificultad: si nosotros no logramos resolverlos, otros vendrán que lo conseguirán.**

CUARTO TEMA: LA SITUACIÓN DE LA QUÍMICA EN ESPAÑA

Como químicos formamos parte de un colectivo más amplio, el de los científicos, los cuales, a su vez, pertenecen al grupo de los ciudadanos que comparten una serie de valores comunes: respeto a los demás, democracia, rechazo de la violencia como argumento, honestidad, ... Si es cierto que todos los químicos son científicos, no todos los científicos son demócratas. Pero la inmensa mayoría, si lo son.

11. Químicos ∈ científicos ∈ demócratas

Quiero decir que al asumir nuestra condición de químicos, asumimos al mismo tiempo aquellas de rango superior.

Somos científicos y eso nos obliga a respetar ciertas normas. No sé si les ocurre como a mí que se sorprenden cuando escuchan que en las Navidades pasadas la venta de lotería en Galicia se multiplicó por tres. ¿La razón? **Después de una gran desgracia viene una gran suerte.** Que luego el gordo cayera en Almería, Zaragoza y Murcia, supongo que no ha logrado cambiar la manera de pensar de los que compraron lotería en Galicia.

Yo creo que la actitud correcta de un científico es combatir el pensamiento mágico, sin caer en el dogmatismo ni, sobre todo, en la pedantería. Sé, sin embargo, que la mayoría de los científicos viven una vida compartimentada. Tienen sus convicciones repartidas en dos cajitas: en una guardan su trabajo y todo lo que necesitan para llevarlo a cabo correctamente. En la otra, todo lo demás. Y cuidan, muy mucho, de que no haya transvases entre las dos cajas.

En la cajita "todo lo demás" se encuentran cosas que están en contradicción con el pensamiento científico (magia, adivinación, parapsicología, pseudociencia...) y cosas que no guardan relación con él (poesía, humor, sentimientos,...).

Hay autores, como el filósofo Robert P. Crease (Universidad del Estado de Nueva York), que piensan que la pseudociencia es un síntoma de pensamiento mágico, que **no es** una forma corrompida o defectuosa del pensamiento científico sino un pensamiento de naturaleza diferente (otra cajita). El **pensamiento mágico** juega una función diferente en la vida humana, plantea y busca respuestas a un conjunto diferente de preguntas que las del pensamiento científico. Se interroga Crease ¿puede la ciencia coexistir pacíficamente con él? En el contexto del artículo, la pregunta debería contestarse por la afirmativa si los científicos pretenden que la sociedad les siga apoyando.

Relacionado con lo anterior pero diferente es la postura de Umberto Eco. Este conocido escritor y semiólogo italiano está preocupado por el pensamiento científico frente al pensamiento mágico. Recientemente ha escrito "Lo que se trasluce de la ciencia a través de los medios de comunicación es -siento decirlo-sólo su aspecto mágico". Se refiere a que sólo la tecnología llega al público general pero no como una consecuencia de la ciencia sino como algo que posee la inmediatez de lo mágico.

También somos ciudadanos y eso comporta obligaciones hacia dentro y hacia fuera. No teman, me doy cuenta de que diferimos en muchas opiniones. No se trata aquí de acercar posiciones: **las diferencias son buenas.**

Se trata, más bien, de nuestras obligaciones específicas, en tanto que **químicos-ciudadanos.**

¿Somos totalmente responsables o totalmente irresponsables de la contaminación? La respuesta parece obvia. Lo que ha sucedido es que al rechazar la total culpabilidad hemos caído en el error de la inocencia total. Digámoslo claramente: **tene-mos parte de la culpa.** Los químicos son, en parte, responsables de los efectos negativos de la química.

Hubo un tiempo en el que los químicos no tenían conciencia del proble-

ma. Minería a cielo abierto, fábricas de papel, craqueo, todo lo que fuese necesario. Tengo la sensación de que no han sido los propios químicos los que se dieron cuenta del problema. Los denostados ecologistas, con sus exageraciones, con su falta de rigor, son los que nos han sensibilizado a todos. Luego, los químicos han demostrado ser los mejor preparados para encontrar soluciones **dentro de un marco que la sociedad define.** Por eso han resuelto el problema de los gases polifluorocarbonados pero no el efecto invernadero, de este tema (de la posibilidad de combinar la fotólisis del agua con la reducción del CO₂ por medio del hidrógeno así generado) hemos oído hablar al Profesor Michael Graetzel.

Cuando, hace cien años, un grupo de científicos, localmente ilustres, fundó lo que hoy es la Real Sociedad Española de Química, difícilmente se podían imaginar hasta donde hemos llegado. Creo, y estoy seguro que todos comparten mi opinión, que se sentirían orgullosos de este Congreso, de saber el respeto que la química que se hace en España merece en el resto del mundo.

Presidente: José Echegaray
Vicepresidentes: Francisco de Paula Rojas, Gabriel de la Puerta
Tesorero: Juan Fages Virgili
Vocales: José Rodríguez Carracido, Eugenio Piñerúa, Federico de la Fuente, Eduardo Mier Miura
Secretarios: José Rodríguez Mourelo, Ignacio González Martí

Ahora imaginemos nuestra Sociedad celebrando su bicentenario en el 2103. Aunque la esperanza de vida en los países ricos vaya a alcanzar los 120 años, es poco probable que alguno de nosotros participe en ese evento. Pero imaginemos que así fuese. Alguien lo clausurará y hablará de 1903 y de 2003, como hitos de la historia de la química española. Volverá a recordar elogiosamente a los padres fundadores. Pero ¿que dirá de nosotros? **Como químicos, como científicos y como ciudadanos** ¿Que estamos haciendo,

que haremos en los próximos años para los que vengan después? Esa debe de ser nuestra preocupación.

Presidente: Luis Antonio Oro Giralt
Vicepresidentes: María Vallet Regi, José Font Cierco
Tesorero: Ramón González Rubio
Editor General: Nazario Martín León
Vocales: Martín Martínez-Ripoll, A. Ulises Acuña, Ernesto Carmona Guzmán, Avelino Corma Canos, M^a Dolores Pérez Bendito, J. Senen Durán Alegría, F. Pilar Terreros Cevallos, Arturo Romero Salvador
Secretario General: Antonio Echavarren Pablos

He tratado de que no se note mucho que soy químico orgánico, pero es más difícil ser químico que químico orgánico, como es más difícil ser español que ser aragonés o murciano (basta con tratar de hablar serenamente del plan hidrológico). Permítanme una breve incursión en mi especialidad para recordar la

RELACION DE PARTICIPANTES	
BARCELONA. Facultad de Ciencias	
<ul style="list-style-type: none"> • Camps, Francisco • Castells Guardiola, José • Febrer Canals, M^a Angeles† • Font, José • Mestres, Ramón • Moreno, Marcial • Serratosa Palet, Félix† 	<ul style="list-style-type: none"> • Bastús, Juan • Gasull, Eugeni? • Gomis, Pedro
BARCELONA. Instituto Químico de Sarriá	
<ul style="list-style-type: none"> • Bonet Sagrañes, Juan Julio • Gassiot Matas, Miguel • Irrure Pérez, José • Pascual Calveras, José Oriol • Sanz Burata, Manuel† • Victory Arnal, Pedro† 	
LA LAGUNA. Facultad de Ciencias	
<ul style="list-style-type: none"> • Bretón Funes, José Luis 	
MADRID. Facultad de Ciencias	
<ul style="list-style-type: none"> • Fernández Braña, Miguel • Márquez Salamanca, Cecilio • Meléndez Andreu, Enrique • Pérez Alvarez-Ossorio, Rafael • Sánchez del Olmo, Víctor • Soto Cámara, José Luis 	
MADRID. Instituto de Química (C. S. I. C.)	
<ul style="list-style-type: none"> • Bernabé Pajares, Manuel • Calderón Martínez, José† • Díaz García-Mauriño, Teresa • Fernández Alvarez, Eldiberto† • García Muñoz, Guillermo† • Gómez Parra, Vicente 	

Figura 12. Santa María de Huerta

PROGRAMA DE LA REUNION	
Miércoles 30 de Marzo	
9, 30 h.	Charla de bienvenida y presentación de la reunión.
10 h.	Métodos cromatográficos preparativos: columna, fase vapor, capa fina. (Dr. Font, Dr. Camps).
11 h.	Intermedio.
11, 30 h.	Discusión sobre la ponencia anterior. Problemas particulares campos de aplicación, experiencia personal.
17 h.	Adaptación de terminología científica utilizada en Química Orgánica, al castellano. Situación actual, entidades que se ocupan del problema, soluciones propuestas, etc. (Dr. Calderón).
Jueves 31 de Marzo	
9, 30 h.	R. M. N. en Química Orgánica. (Dos sesiones de exposición de 45 minutos, seguidas de discusión, con un intermedio de media hora). (Dr. Castells).
17 h.	Enseñanza de la Química Orgánica en la Universidad: cursos magistrales, seminarios, prácticas. (Prof. Pérez A. Ossorio).
Viernes 1 de Abril	
9, 30 h.	Métodos de trabajo modernos en los que conviene ir pensando: <ul style="list-style-type: none"> a) Espectros de masas. (Dr. Ribera) b) Resonancia de spin electrónico. c) Dispersión óptica rotatoria y dicroísmo circular (Dr. Meléndez).
17 h.	Centros de investigación universitarios y no universitarios. Organización, personal, interconexiones. (Prof. López Aparicio).
Sábado 2 de Abril	
9, 30 h.	La Química Orgánica y sus campos de aplicación tecnológica. (Dr. Angulo).
11, 30 h.	Cambio de impresiones sobre el desarrollo y utilidad de la reunión, conveniencia de hacerla periódica, posibilidad de creación de una Sección de Química Orgánica dentro de la Real Sociedad Española de Física y Química.
Santa María de Huerta, 1966	

Figura 14. Santa María de Huerta

creación en 1967 del Grupo Especializado de Química Orgánica tras una reunión celebrada en Santa María de Huerta en 1966:

Fue un momento muy importante para nuestra disciplina, para nuestra Sociedad, para la ciencia en España (¿me atreveré a decir simplemente "para la ciencia"?). Destacaré sólo tres nombres: el de Josep Castells, el de Enrique Meléndez, siempre discreto sobre su papel, y el D. Ignacio Ribas, que compensaba con creces su edad algo mayor con su sentido del humor. Fue este último, el primer presidente del grupo.

Sirva el programa como recordatorio de los extraordinarios progresos que hemos hecho en treinta y siete años. Hoy hace sonreír. Entonces, un poco también.

Podemos preguntarnos: ¿Está en crisis la química española?. La

"química española" resulta de la intersección de dos conjuntos mayores: la "química mundial" y la "ciencia española" (Figura 15. Diagrama de Venn).

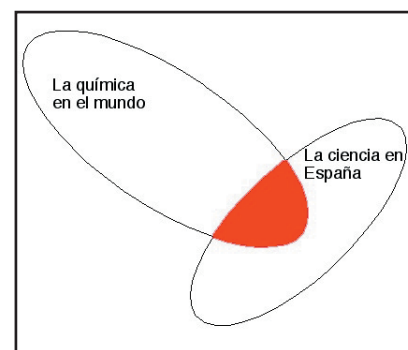


Figura 15. Diagrama de Venn

Nos debemos por lo tanto preguntar: ¿está la química mundial en crisis? y ¿está la ciencia española en crisis? Si una u otra de esas dos preguntas recibe una respuesta afirmativa, eso basta para explicar que la química española lo esté.

Empecemos por preguntarnos si la ciencia española está en crisis. Es difícil hacerse una idea global de la ciencia española. Gracias al Profesor Pascual Román he tenido conocimiento de un informe del ISI sobre la ciencia española en el periodo **1998-2002** (publicado en el diario ABC el 28 de Junio). Para limitarnos a las tres disciplinas que han sido citadas en esta charla, matemáticas, física y química, las tres están por encima de la contribución media española a la ciencia mundial que es del **2,95% de las publicaciones**. Las matemáticas son las que más contribuyen, con el 4,5% pero su impacto relativo es un 13% inferior al mundial. En el otro extremo está la física con una contribución del 3% pero con un notable 17% superior al impacto medio mundial. En medio, la química con un 4% y con un impacto medio aproximadamente igual al mundial. Los indicadores porcentuales deben ser utilizados con sumo cuidado. Como dice el Profesor Francisco Yndurain, puede que no sea el numerador (España) el que aumente, sino el denominador (el resto del mundo) el que disminuya, por falta de interés hacia ciertos campos específicos. Mi impresión es, a lo sumo, la de un suave declinar de la ciencia en España, pero no de una crisis.

Ahora debemos examinar la otra posibilidad ¿está la química mundial en crisis? Aquí la respuesta es claramente **si**. La química atraviesa una de sus más graves crisis mundiales que afectan a los beneficios de las empresas y que también se nota en las excesivamente rigurosas regulaciones de la Unión Europea. Todas las revistas de sociedades químicas, incluida la de la poderosísima ACS (*Chemical & Engineering News*), escriben sobre ello ofreciendo recetas similares.

Si, como yo lo creo, la crisis de la química en España refleja una crisis mundial, no sería cuerdo buscar una solución local. A través de nuestra Sociedad, debemos integrarnos cada vez en organismos más amplios (empezando por la integración europea) para aunar esfuerzos. Eso no excluye acciones

locales para mejorar lo que en España tiene el problema de específico.

CONCLUSIÓN

En estos días se habla mucho de la misión Mars-Express uno de cuyos objetivos es la búsqueda de vida en Marte. Se la considera un ejemplo magnífico del progreso de la física y de la biología. Y lo es. ¿Pero cuantos lectores de la prensa o espectadores de la televisión son conscientes de la química que ha permitido esa hazaña? El combustible del cohete que ha salido de Baikonur utiliza sustancias químicas de alto contenido energético (**Figura 16**: el cohete). Nosotros tenemos un compañero, Profesor en San Petersburgo, que cuando aquella ciudad se llamaba Leningrado, perdió varios dedos de su mano derecha trabajando en ese tema. Cuando ocurre un accidente en un laboratorio de química, todo el mundo comenta lo peligroso que es nuestro trabajo, pero sin excesiva simpatía. Sin embargo, la exploración espacial tiene detrás a buen número de químicos que arriesgaron mucho trabajando en esos temas. Pero, no sólo es eso, toda la sonda, la **Beagle 2** (**Figura 17**: la sonda viajando), es un prodigio de investigación en materiales, en la que han contribuido empresas como Ferrari.



Figura 16. El cohete

Es como si la química se hiciese sola. Durante estos últimos cien años la actitud de los químicos ha sido la de buscar el reconocimiento



Figura 17. La sonda viajando

de otros químicos, la búsqueda de un "primus inter pares". **Algunos lo han conseguido, todos lo hemos intentado.** Esa actitud ya no sirve para los próximos cien años. Necesitamos el reconocimiento y el respeto de los científicos de otras disciplinas, de los políticos, de toda la sociedad. Si no lo conseguimos, fracasaremos. Nos convertiremos en los practicantes de una ciencia necesaria pero auxiliar. Una ciencia de apoyo. Nuestro objetivo para este siglo XXI debe ser: primero, autoestima. segundo: reconocimiento. No basta con ser buenos químicos. Esto es una condición necesaria pero no suficiente. Conseguirlo exige de todos nosotros un esfuerzo suplementario de difusión, de explicación, de convencimiento. Mejoremos nuestro nivel científico, pero no creamos que eso basta: no nos vendrán a buscar dentro de nuestra torre de marfil. Recordemos las palabras de Ernst: **excelencia en investigación, esfuerzo en difusión.** (**Figura 18**: la sonda posada)

Separémonos orgullosos de la tarea realizada, pero conscientes de nuestros errores, y con el propósito de ir más allá que todos los que nos precedieron. Sin ellos, no habríamos llegado a nada. Pero ellos, y algunos de nosotros, somos el pasado. El futuro hay que conquistarlo.

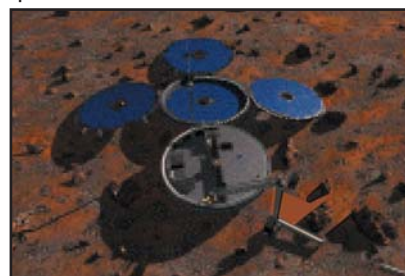


Figura 18. La sonda posada