

Anales de Química

La revista de la Real Sociedad Española de Química

segunda época

Gerardo Gutiérrez
GADEA Pharmaceutical Group

**SÍ,
SE PUEDE**

www.rseq.org/anales

volumen 111

número 2

abril-junio 2015

Entrevista a Gerardo Gutiérrez, Presidente de GADEA Pharmaceutical Group
Caracterización estructural de poliuretanos segmentados elastoméricos bajo
deformación uniaxial, B. Fernández-d'Arlas, M. A. Corcuera y A. Eceiza

Entidades colaboradoras



Socios Corporativos

- Aldrich Química
- Bruker
- Cepsa
- Janssen Cilag
- Feique
- Lilly España

Anales de Química

Revista de la Real Sociedad Española de Química

Editor General

Miguel Ángel Sierra
Universidad Complutense de Madrid

Comité Editorial

Fernando P. Cossío
Universidad del País Vasco Ikerbasque

Juan José Lucena
Universidad Autónoma de Madrid

Sonsoles Martín Santamaría
Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC

Inés Pellón González
ETS de Náutica y Máquinas Navales UPV/EHU

Mariona Sodupe i Roure
Universidad Autónoma de Barcelona

Carmen Redondo
Colegio Estudio

María C. de la Torre
Instituto de Química Orgánica General del CSIC

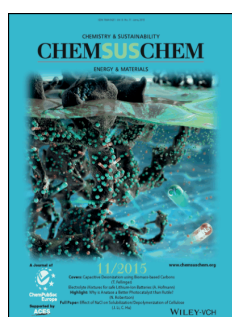
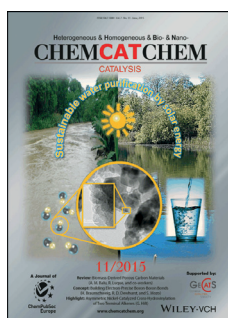
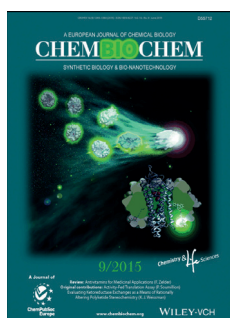
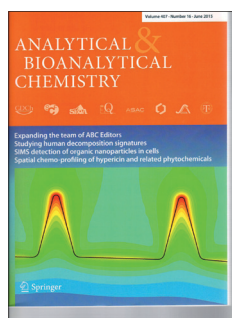
Secretaría Editorial

Patricia Yáñez-Sedeño
Real Sociedad Española de Química
www.rseq.org

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Complutense Ciudad Universitaria.
28040 Madrid
Tel (+34) 913 944 356. Fax (+34) 915 433 879



Revistas patrocinadas por la Real Sociedad Española de Química



Sumario



Editorial	64
<i>Miguel Ángel Sierra</i>	
Carta del Presidente	65
<i>Jesús Jiménez Barbero</i>	
Opinión	
Acceso Abierto (<i>Open Access</i>) para las publicaciones científicas: quién, cuándo y cómo, por Pedro J. Pérez	66
<i>Reviews</i> , índices de impacto y de Hirsch: reflexiones personales, por Miguel Yus	68
Entrevista a Gerardo Gutiérrez	70
<i>Sonsoles Martín Santamaría y Miguel Ángel Sierra</i>	
La Química española vista por sus protagonistas	
Una visión personal de la investigación química en España desde 1958	77
<i>Manuel Martín-Lomas</i>	
Investigación Química	
Caracterización estructural de poliuretanos segmentados elastoméricos bajo deformación uniaxial	83
<i>Borja Fernández-d'Arlas, María A. Corcuera y Arantxa Eceiza</i>	
Historia de la Química	
François Joseph Jérôme Nicklès: 1. Cristalografía, isomorfismo, amalgamación y permeabilidad	92
<i>Jaime Wisniak</i>	
François Joseph Jérôme Nicklès: 2. Teoría de los olores, fuego líquido, flúor y electromagnetismo	98
<i>Jaime Wisniak</i>	
Enseñanza de la Química	
Ciencia y arte: las pinturas de los calendarios MAXAM (antes Unión Española de Explosivos) como recursos para la difusión y la enseñanza de la química	104
<i>Gabriel Pinto Cañón y Amalio Garrido Escudero</i>	
Historia de la evolución de la tabla periódica de los elementos químicos: un ejemplo más de la aplicación del método científico	109
<i>Otilia Val Castillo</i>	
Noticias de la RSEQ	118
Reseñas de libros	137

Composición y producción:

Moisés Fernández
 Edinova Taller Editorial

Miguel Ángel Sierra

Ninguna persona es una isla; la muerte de cualquiera me afecta, porque me encuentro unido a toda la humanidad; por eso, nunca preguntes por quién doblan las campanas; doblan por ti.

De las muchas interpretaciones que ha tenido, tiene y tendrá el poema de John Donne, la más inmediata es que no hay un ser humano que valga más que otro. Creo que esta afirmación es esencial en la vida y desde luego trivial en la muerte, que es la que nos iguala definitivamente a todos. Dicho esto, me duele la crueldad con que esta sociedad, y no me refiero solo a la española aunque aquí el problema se exagera, trata a sus científicos cuando parten para el viaje del que nunca se vuelve. Estamos, desgraciada pero inevitablemente, asistiendo a la desaparición de una generación de Químicos que cambió nuestra disciplina y la Sociedad para siempre. Valga como ejemplo el de Carl Djerassi que murió el 30 de enero de 2015.

Pocos podían sospechar que cuando Luis Miramontes, Carl Djerassi y George Rosenkranz prepararon en 1951, en unos laboratorios de Cuernavaca en Méjico, las primeras muestras de noretindrona, la sociedad iba a cambiar de forma irreversible. Ningún otro descubrimiento del siglo xx ha producido un cambio social tan profundo como esta síntesis química, simplemente porque permitió (ideologías aparte) que el 50% de los seres humanos pudiesen, por primera vez en su historia, decidir libremente sobre un aspecto esencial su vida. Las repercusiones de este descubrimiento en la humanidad son como las olas del mar, constantes e inexorables en la erosión de la idea clásica de nuestra forma de vivir. Más allá de dispositivos electrónicos, computadores, materiales con propiedades sorprendentes, nuevos fármacos que alargan la vida, la píldora anticonceptiva supuso un torpedo a los fundamentos de una sociedad, todavía anclada en estereotipos de otras épocas. Por supuesto, ni Miramontes ni Djerassi recibieron el Premio Nobel. Las implicaciones sociales y religiosas de su trabajo no eran acaso las correctas.

¿Cuántos químicos se han enterado de la muerte de Djerassi? ¿Cuántos científicos? ¿Y el ciudadano corriente? ¿Les ha importado algo a los medios? Yo no lo creo y menos en España. Vivo en un país en el que medio millón de personas fueron al entierro de Lola Flores, en el que un partido de fútbol de relevancia (seguro que el Atleti de Madrid es uno de los que participan en ese evento) lo ven unos cuantos millones de personas en el mundo, en el que el sacrificio de Excalibur (el perro de la crisis del Ébola) es capaz



de provocar una manifestación, y para qué seguir. ¿Qué hacemos mal para que a los químicos más grandes no se les reconozca socialmente ni en el momento de su muerte?

La reivindicación social de nuestro trabajo debemos hacerla todos y cada uno de nosotros, pero no en las reuniones de colegas, ni en las mesas redondas especializadas, sino en la calle. Hacer divulgación en el día a día. No dejar pasar sin escribir, llamar y protestar por las estupideces que dicen los medios respecto a la Química, las opiniones de los señores que saben de todo y hablan de todo en esos medios (el término que se usa ahora entre los jóvenes para esta nueva profesión es “todólogos” y, desgraciadamente, incluye a algunos colegas que no saben cuándo hay que callarse). El hablar y presionar al Gobierno de turno es realmente difícil en este país si se tiene en cuenta que a los químicos nos representan, entre otras, tres sociedades mayores.

He andado sobre la tumba de Darwin en Londres, he estado a los pies de la Torre Eiffel que está rodeada por los nombres de los científicos más grandes de Francia, he visto en Alemania calles y más calles dedicadas a sus Químicos, y también he visto calles dedicadas a los AC/DC, a Lola Flores (al pobre perro todavía no, pero todo llegará) pero no a Djerassi, o a Miramontes en España. Vaya desde esta revista un homenaje con todo el respeto y la más profunda admiración a todos los químicos que con su trabajo han cambiado a mejor nuestro mundo, aunque el mundo esté tan ciego como para no verlo.

Gracias por leer.

MIGUEL Á. SIERRA
Editor General de *Anales de Química*

Jesús Jiménez Barbero

Queridos compañeros.

Este número de nuestro renovado *Anales* casi coincide con la celebración de nuestra XXXV Reunión Bienal. Quiero agradecer el esfuerzo realizado para asistir a este evento. Gracias a vuestro compromiso, la asistencia a nuestra reunión ha vuelto a ser un éxito. Los dos Comités, organizador y científico, han hecho un trabajo excelente, lo que, indudablemente, ha repercutido en la consecución, con creces, de los objetivos de asistencia. No me cabe duda de que, desde el punto de vista científico, también disfrutaremos de muchos momentos inolvidables.

Estos eventos, como todos aquellos que se organizan desde nuestra RSEQ, tanto desde los Grupos Especializados como desde las Secciones Territoriales, se realizan gracias al esfuerzo de muchas personas. Por supuesto, de los Comités organizadores correspondientes. De los Comités Científicos, en su caso. Pero también gracias a la propia existencia de nuestra Sociedad. Los socios sois la base sobre la que descansan todas nuestras iniciativas. Sin socios no habría nada.

Todos somos conscientes de las dificultades económicas por las que atraviesa nuestro país. Por supuesto. Pese a ello, hemos mantenido una base sólida de socios que nos ha permitido continuar e incluso aumentar la organización de eventos de distinto tipo. Os doy las gracias a todos. Hemos recortado en gastos en diferentes partidas para poder dedicar más esfuerzo a iniciativas de diseminación y visibilidad. Sin embargo, no podemos bajar la guardia. Debemos seguir consolidando nuestra Sociedad y seguir manteniendo nuestra visibilidad e importancia. Por eso os pido que desde vuestra posición, cualquiera que sea, intentéis convencer a los químicos (u otros) que os rodean para que se asocien a la RSEQ. Desde los grupos de investigación, facultades, institutos, centros de investigación, empresas, hacedlo. Esto nos permitirá continuar con más iniciativas.

Como ejemplo, cuando escribo estas letras, se está a punto de cerrar un acuerdo a varias bandas sobre la permanencia de España en la IUPAC, un asunto que ha aparecido en distintos medios y que ha sido motivo de preocupación para muchos socios. Esta propuesta de acuerdo, promovida desde la Secretaría de Estado del



© 2015 Real Sociedad Española de Química

MINECO, ha sido sustentada por cuatro entidades diferentes, entre las que se incluye la RSEQ. Espero que el acuerdo se cierre formalmente en breve y pueda daros todos los detalles sobre el mismo.

Me gustaría finalizar esta Carta felicitando a los nuevos galardonados de nuestra RSEQ en 2015. La entrega de la Medalla de Oro, del Premio a las Tareas Educativas y de los Premios a la Excelencia Investigadora, se celebrará en Madrid el 20 de noviembre, en un Acto en el que repetiremos el homenaje a nuestros socios con un largo recorrido (50 años) en la RSEQ. La entrega de los Premios a los Jóvenes Investigadores tendrá lugar en Barcelona, durante la celebración del Simposio RSEQ-Sigma-Aldrich, como viene siendo habitual. Gracias a todos los Patrocinadores que apoyan nuestras iniciativas.

Nos vemos en A Coruña.

JESÚS JIMÉNEZ BARBERO
Presidente de la Real Sociedad Española de Química

Acceso Abierto (*Open Access*) para las publicaciones científicas: quién, cuándo y cómo

Pedro J. Pérez

Desde hace algún tiempo el término “Acceso Abierto”, procedente de las voces inglesas *Open Access*, viene empleándose con frecuencia en las conversaciones entre investigadores. Ello es consecuencia de la puesta en marcha de la Ley de la Ciencia^[1] que, en su artículo 37 especifica lo siguiente:

El personal de investigación cuya actividad investigadora esté financiada mayoritariamente con fondos de los Presupuestos Generales del Estado hará pública una versión digital de la versión final de los contenidos que le hayan sido aceptados para publicación en publicaciones de investigación seriadas o periódicas, tan pronto como resulte posible, pero no más tarde de doce meses después de la fecha oficial de publicación.

Dos años después de la publicación de la misma, el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 marca^[2] de manera taxativa en su artículo 6 de Obligaciones y Responsabilidades de los Beneficiarios que

...las publicaciones científicas resultantes, total o parcialmente, de la financiación otorgada al amparo de la presente convocatoria deberán estar disponibles en acceso abierto. Para ello, los autores podrán optar por publicar en revistas de acceso abierto, o bien por autoarchivar en repositorios institucionales o temáticos de acceso abierto, los trabajos científicos que hayan sido aceptados para su publicación en publicaciones seriadas o periódicas...

Conviene señalar que esta obligatoriedad está igualmente contemplada en todas las convocatorias realizadas en el marco del programa europeo H2020.^[3]

A la vista de lo anterior, todos aquellos que recibimos alguna financiación pública para la realización de trabajos de investigación que devenguen publicaciones científicas estamos en la obligación de proporcionar la difusión de los resultados de manera libre y gratuita mediante alguno de los siguientes procedimientos:

- **Publicación directa en revistas de acceso abierto.** En los últimos años han proliferado revistas que directamente publican en este formato. Existe un directorio global de este tipo de revistas, denominado DOAJ (Directory of Open Access Journals)^[4] donde se recoge toda la información (revistas y artículos) que las editoriales envían a dicho directorio, que actualmente cuenta con más de diez mil revistas de todos los campos. Si bien la inclusión de las publicaciones en estas revistas proporciona de manera directa el cumplimiento de lo estipulado en las leyes antes mencionadas, no es menos cierto que el investigador puede tener dudas acerca del proceso que regula la aceptación de los artículos.^[5] Como regla general, varias fuentes señalan a que aquellas revistas de Acceso Abierto que aparecen en Web of Science presentan una evaluación favorable en una serie de ítems que proporciona una cierta seguridad en lo que a la calidad y fiabilidad de la ciencia publicada se refiere. Cabe reseñar que en la mayoría de los casos existe un coste asociado a la publicación de artículos en este tipo de revistas.
- **Publicación de un artículo en modo de acceso abierto en revistas de suscripción (acceso abierto dorado o golden open access).** La gran mayoría de las revistas requieren de una suscripción para poder acceder a sus contenidos. No obstante, desde hace algunos años estas revistas permiten, previo pago de una cierta cantidad nada despreciable, que suele estar en torno a los 2.000-3.000 USD, la publicación de un determinado artículo en acceso abierto desde el momento en que aparece en la versión electrónica. La forma de



P. J. Pérez

Dpto. Química y Ciencia de los Materiales
Facultad CC Experimentales Campus de “El Carmen”
Avda. Fuerzas Armadas
21071 Huelva
C-e: perez@uhu.es

Recibido: 08/06/2015. Aceptado: 11/06/2015.

hacerlo es, a todas luces, simple: basta solicitar este servicio cuando se acepta el artículo para poner en marcha el procedimiento que incluye, obviamente, el pago pertinente. En determinadas convocatorias de financiación de proyectos pueden incluirse partidas a tal efecto.

– **Publicación en repositorios de la última versión del artículo confeccionada por los autores (acceso abierto verde o green open access).** Esta tercera y última opción es más asequible en términos económicos que la anterior, pues no origina costes a los autores. Todas las editoriales tienen, además de la ya mencionada posibilidad de pago y acceso abierto inmediato, una segunda opción que permite publicar una vez pase un determinado período de embargo. Dicho período suele ser de doce meses. Así pues, una vez transcurra ese tiempo, los autores podrán depositar en un repositorio institucional, de cualquier tipo, una copia de su artículo. Las editoriales de las revistas marcan en sus políticas de embargo el tipo de material que puede depositarse. De manera general las grandes editoriales^[6] de revistas de Química permiten depositar una *copia de la última versión del manuscrito, ya aceptado, confeccionada por los autores y que aún no haya sufrido manipulación alguna por parte de la editorial*. En aquellas revistas donde se usan plantillas, pueden enviarse siguiendo dichas plantillas, de manera idéntica a como se ha enviado para su revisión. Nótese que esas versiones no llevan ni año, ni volumen, ni DOI, ni número de página de la revista, en muchos casos ni siquiera el nombre de la revista.

Una alternativa a la publicación del manuscrito aceptado conforme se indica arriba es la del depósito del manuscrito *antes* de ser enviado al proceso de revisión por pares. No obstante, parece lógico depositar la versión ya aceptada por los cambios que entre la primera versión y la última pudieran haberse originado.

Pero aún quedan algunas dudas que resolver. En primer lugar, la cuestión temporal, que afecta de manera significativa a aquellos que dispongan de fondos del programa europeo H2020. En este caso, la política de acceso abierto disminuye el marco temporal a seis meses. Por lo tanto, y dado que las revistas no tienen embargos inferiores a doce meses para liberar el depósito en repositorios, estos autores están obligados a publicar mediante el modo de acceso abierto por pago. Por otra parte, para los que disponen de fondos de origen nacional, la ley marca un máximo de doce meses para dicho depósito, mientras que las editoriales marcan un embargo de doce meses an-

tes poder hacerlo. Ello nos lleva a una divertida paradoja: es matemáticamente imposible cumplir con los dos mandatos, salvo que se haga en el microsegundo en que el año se cumpla! Bromas aparte, no parece previsible que se lleve este tipo de vigilancias hasta ese nivel por parte de unos u otros.

En lo que concierne al repositorio, son numerosos los que están disponibles a efectos del depósito de los artículos. La mayoría de las Universidades públicas ya disponen de este servicio, así como el CSIC. Además, son ya varias las editoriales que ofrecen ubicar en sus propios repositorios los manuscritos una vez se cumpla el embargo correspondiente. De hecho, en los sitios webs donde se efectúa el envío de los artículos para el comienzo del proceso de revisión ya comienzan a preguntar al autor si desea ese servicio. En lo que a la publicación en sitios webs personales o de grupos de investigación se refiere, de una lectura de la ley vigente se deduce que dicha acción no parece asegurar el cumplimiento de la misma. Es aconsejable, por tanto, que la publicación en tales ubicaciones se produzca en paralelo a la del repositorio correspondiente.

Son nuevos tiempos que traen nuevas obligaciones. Cumplamos con ellas y mostremos a la sociedad los resultados que proporciona su inversión en el desarrollo de conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.boe.es/boe/dias/2013/11/06/pdfs/BOE-A-2013-11616.pdf>
- [2] <http://www.boe.es/boe/dias/2013/11/06/pdfs/BOE-A-2013-11616.pdf>
- [3] http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/hi/oa_pilot/h2020-hi-oa-pilot-guide_en.pdf
- [4] <https://doaj.org/>
- [5] <http://www-stage.library.ucsb.edu/scholarly-communication/should-i-publish-open-access-journal>
- [6] Accesos a los requerimientos de algunas de las principales editoriales: (a) American Chemical Society: http://pubs.acs.org/userimages/ContentEditor/1404918748674/authorchoice_flowchart.pdf (b) Wiley-Blackwell: <http://olabout.wiley.com/WileyCDA/Section/id-820227.html> (c) Royal Society of Chemistry http://www.rsc.org/publishing/journals/openscience/?utm_source=shortcut&utm_medium=link&utm_campaign=mkt-lgr-general-use (d) Springer <http://www.springer.com/gp/open-access/authors-rights/self-archiving-policy/2124> (e) Elsevier <http://www.elsevier.com/about/open-science/open-access>

Reviews, índices de impacto y de Hirsch: reflexiones personales

Miguel Yus

“LOS REVIEWS NO CUENTAN”

En el año 1983 tuve la ocasión de trabajar cuatro meses con D. Seebach en el ETH-Zürich. Por aquella época él ya había publicado revisiones importantes y muy influyentes, como el concepto de *Umpolung*,^[1] la química de nitroalcanos,^[2] la síntesis-EPC,^[3] la nomenclatura *like/unlike*,^[4] ó la química de los derivados de titanio y zirconio.^[5] No es preciso indicar que en aquella época no existía el índice de impacto (IF) ni por supuesto el índice h, y todavía no era usual desarrollar estudios bibliométricos por la escasa información existente al respecto. Recuerdo que a última hora de una de las tardes hablando con Seebach sobre los *reviews* me dijo que “una buena revisión ayuda mucho a otros químicos, especialmente a gente joven como los doctorandos”. Tuvieron que pasar unos años hasta que en 1988 apareció mi primera revisión sobre compuestos organomercúricos (un tema sobre el cual investigábamos entonces) en reacciones radicalicas.^[6] Desde entonces he colaborado en la publicación de unas 50 revisiones (menos del 10% de mi producción científica), entre las que se encuentran una decena en *Chemical Reviews*,^[7] la revista más prestigiosa en el campo de la química considerando su IF (45.66 en 2014).

El título de este apartado tiene que ver con la valoración que tiene una revisión a nivel de currículum: está claro que alguien que escribe una revisión debe de conocer a fondo el tema, pero no tiene por qué haber investigado toda su vida en la materia. De hecho, en este último caso, las revisiones suelen ser poco objetivas, al destacar preferentemente la producción propia respecto a la de otros competidores. No hay que olvidar que cuando se escribe

una revisión, los *referees* sí que son los investigadores más sobresalientes en el tema y han de evaluar el manuscrito. No es lógico que un doctorando e incluso un posdoct inviertan su precioso tiempo de investigar en escribir revisiones (cuestan del orden de un año prepararlas), pero sí que es un ejercicio saludable de búsqueda bibliográfica para cualquier profesor universitario que se introduzca en un nuevo tema de investigación. Por otra parte se oyen comentarios del estilo de “cualquiera puede escribir una buena revisión” o “un *review* en una buena revista siempre será muy citado”. Ambas afirmaciones son erróneas: a la primera ya he contestado antes, y sobre la segunda mi experiencia personal es que una revisión puede tener más de 1.000^[8] citas o menos de 50^[6] dependiendo exclusivamente de la calidad de la publicación y, sobre todo, del interés que despierte.

Un caso especial de revisión son los capítulos de libro: mi experiencia personal es que dan el mismo trabajo (o más) que un *review* y luego la gente se refiere a los editores del libro en vez de a los autores de cada capítulo, por lo que no se compensa el esfuerzo realizado.

PUBLICATION-ORIENTED CHEMISTRY: IF

En la actualidad se ha llegado a un punto en el que se realiza la química que a juicio de los autores puede ser publicable en revistas de alto IF, como el *Journal of the American Chemical Society* ó *Angewandte Chemie International Edition*, por poner dos ejemplos clásicos. Es corriente oír frases como “esto es un *Angewandte*” o “el año pasado publiqué dos *JACS*”, que me recuerdan un comentario que me hizo G. Ourisson en Estrasburgo en el sentido de que “cuando uno menciona un *Angewandte* ya nadie quiere saber lo que hay dentro de la publicación”. Es como si el valor de una investigación química lo decidiera la dificultad de publicar en una determinada revista. He de recordar que eminentes científicos, entre ellos varios galardonados con el Premio Nobel de Química (por ejemplo Barton,^[9] Ciechanover^[10] o Suzuki^[11]), no



M. Yus

Departamento de Química Orgánica
y Centro de Innovación en Química Avanzada (ORFEO-CINQA)
Universidad de Alicante, Apdo. 99, 03080-Alicante
C-e: yus@ua.es

Recibido: 08/06/15. Aceptado: 11/06/2015.

publicaron sus resultados más relevantes (mencionados en las razones de su galardón) en revistas de muy alto impacto. Otro caso típico es el de los muy influyentes químicos alemanes del primer tercio del siglo pasado que incluyeron varios laureados con el Premio Nobel (E. Fischer, Baeyer, Buchner, Ostwald, Wallach, Willstätter, Haber, Nerst, Adolf, Wieland, von Euler-Chelpin, H. Fischer, Bosch, y Bergius), y que siempre publicaron en revistas alemanas (*Liebigs Annalen der Chemie*, *Chemische Berichte*, *Angewandte Chemie*) y en alemán. Finalmente, no se entendería que el argumento de la concesión de un Premio Nobel fuera algo así como “por la elevada producción en revistas de alto impacto”.

Un último comentario sobre el IF: cuando una publicación en una revista de alto IF tiene menos citas que el promedio de los artículos de la revista está reduciendo el impacto de la misma. Por el contrario, si un autor recibe más citas que el promedio de la revista, está mejorando su impacto: esta debería de hacer reflexionar a los editores. Sobre la influencia de la nacionalidad en la aceptación de un artículo, es bien sabido que a modo de ejemplo, un químico alemán tiene más facilidades frente a uno chino para publicar en *Angewandte Chemie*, y este caso es trasladable a otros países punteros como USA (en *JACS*) o UK (*Chem. Commun.*).

ÍNDICE h

La reciente introducción del índice de Hirsch (h)^[12] ha revolucionado el mundo científico al ser considerado por algunos como la panacea para definir con un solo número el nivel investigador de una persona. Como otro tipo de indicadores, el índice h tiene sus limitaciones, sobre todo referentes a la edad, tema de investigación, grupo de trabajo..., pero no deja de ser significativo que las críticas más duras las recibe de los científicos con bajo índice h. Por el contrario, los químicos más destacados poseen en general elevado h, siendo un caso significativo el de nuestro Premio Príncipe de Asturias el *nobelable* Avelino Corma con un valor de 118. Un aspecto positivo del índice h, en palabras de J. Elguero, es que siempre aumenta con el tiempo, lo cual es un consuelo para los que ya vamos siendo “talluditos”.

En resumen, después de muchos años dedicado a la investigación químico-orgánica, he llegado a la conclusión de que la buena química lo es en sí misma si interesa a los demás, independientemente de la revista que la contiene o su procedencia. El culto excesivo a las revistas en las que resulta difícil publicar no garantiza automáticamente la calidad científica del trabajo, aunque contribuye notablemente a crear mitos sin demasiada base real y puede perjudicar a los investigadores más jóvenes en cuanto a la valoración de sus currícula.^[13]

BIBLIOGRAFÍA

- [1] (a) Grobel, B. T.; Seebach, D. *Synthesis* **1977**, 357-402. (b) Seebach, D. *Angew. Chem. Int. Ed. Chem.* **1979**, *18*, 239-258.
- [2] Seebach, D.; Colvin, E. W.; Lehr, F.; Weller, T. *Chimia* **1979**, *31*, 1-8.
- [3] Seebach, D.; Hungerbühler, E. en *Modern Synthetic Methods 1980*, Salle + Sauerländer-Verlag, Frankfurt-Aarau, **1980**, pp. 91-173.
- [4] Seebach, D.; Prelog, V. *Angew. Chem. Int. Ed.* **1982**, *21*, 654-660.
- [5] Weidmann, B.; Seebach, D. *Angew. Chem. Int. Ed.* **1983**, *22*, 31-45.
- [6] Barluenga, J.; Yus, M. *Chem. Rev.* **1988**, *88*, 487-509.
- [7] (a) Ref 6. (b) Backvall, J.-E.; Chinchilla, R.; Nájera, C.; Yus, M. *Chem. Rev.* **1998**, *98*, 2291-2312. (c) Alonso, F.; Beletskaya, I. P.; Yus, M. *Chem. Rev.* **2002**, *102*, 4009-4091. (d) Chinchilla, R.; Nájera, C.; Yus, M. *Chem. Rev.* **2004**, *104*, 2667-2722. (e) Alonso, F.; Beletskaya, I. P.; Yus, M. *Chem. Rev.* **2004**, *104*, 3079-3159. (f) Ramón, D. J.; Yus, M. *Chem. Rev.* **2006**, *106*, 2126-2208. (g) Müller, T. E.; Hultzh, K. C.; Yus, M.; Foubelo, F.; Tada, M. *Chem. Rev.* **2008**, *108*, 3795-3892. (h) Guillena, G.; Ramón, D. J.; Yus, M. *Chem. Rev.* **2010**, *110*, 1611-1641. (i) Yus, M.; González-Gómez, J. C.; Foubelo, F. *Chem. Rev.* **2011**, *111*, 7774-7854. (j) Yus, M.; González-Gómez, J. C.; Foubelo, F. *Chem. Rev.* **2013**, *113*, 5595-5698.
- [8] Ramón, D. J.; Yus, M. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2005**, *44*, 1602-1634.
- [9] Barton, D. H. R. *Experientia* **1950**, *6*, 316-320.
- [10] Ciehanover, A.; Hod, Y.; Hershko, A. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **1978**, *81*, 1100-1105.
- [11] Miyaura, N.; Yamada, K.; Suzuki, A. *Tetrahedron Lett.* **1979**, *20*, 3437-3440.
- [12] Hirsch, J. E. *PNAS* **2005**, *102*, 16569-16572.
- [13] Nota: El hecho de que haya referencias que involucran al autor se basa no en un ansia de protagonismo sino para no involucrar comparativamente a otras personas.

Gerardo Gutiérrez

Fundador y Presidente de GADEA-Pharmaceutical Group

BIOGRAFÍA PERSONAL

Gerardo Gutiérrez nació en México. Sus padres, aunque eran de dos pueblos vecinos de la provincia de León, emigraron a México donde se casaron y formaron una familia. Unos años después, cuando Gerardo tenía siete años, volvieron a España. Gerardo Gutiérrez es licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid y Máster en Dirección de Producción, Operaciones y Tecnología, (ICADE).

La entrevista tuvo lugar en las instalaciones de Crystal Pharma en el Polígono Industrial de Boecillo en Valladolid el día 14 de mayo de 2015.

—¿Qué te llevó a estudiar Química?

Estudí Químicas como decisión de último momento, se acababa el tiempo para matricularse en la Universidad y no sabía que hacer. Entré en Químicas en selectivo que era lo que me permitía no tener que decirme en ese momento. La idea era elegir después teniendo una perspectiva más amplia. En primero de carrera tuve un buen profesor que me hizo aficionarme a la Química un poco más que a las otras cosas. Por cierto, el profesor era José Luis García Ruano. Una vez dentro de la carrera, cada vez me gustó más. En mi caso la vocación por la Química no fue algo instantáneo sino que se ha ido desarrollando poco a poco a lo largo de mi vida.

—Hasta donde sabemos, no eres doctor en Química, sino que pasaste directamente de la licenciatura a la industria. ¿Con-



Gerardo Gutiérrez el día de la entrevista

—sideras después de estos años que hubiera sido mejor hacer la Tesis doctoral antes de empezar en el mundo profesional?

Que la Tesis sirve para determinar puestos es indudable. Yo digo jocosamente que nosotros “contratamos doctores a pesar de serlo”. Lo digo en broma porque para puestos relacionados con la investigación los años de Tesis te aportan una experiencia indudable. Desde luego, si yo pudiese volver atrás sí que haría el doctorado y creo que en mi desarrollo profesional me hubiese ayudado.

—La primera parte de tu vida profesional se desarrolló en distintas empresas farmacéuticas. ¿Qué tipo de puestos/funciones desempeñaste? ¿Cómo valoras esta

experiencia previa? ¿Te permitió, además de para adquirir experiencia, seguir formándote como químico?

Yo hice Bioquímica y cuando me incorporé a la industria farmacéutica había trabajado un año en el departamento de control de calidad de Johnson-Wax. En ese momento me pareció mucho más interesante la industria farmacéutica por los desafíos profesionales que suponía. Trabajé en Lilly 9 años, siempre en producción y desarrollo de procesos químicos, y llegué a ser director de desarrollo. Después de estos 9 años estuve en Química Sintética en Alcalá de Henares como director de I+D. Durante estas etapas nunca me abandonó la inquietud de hacer “algo más”, de trabajar por mi cuenta, algo que aprendí en casa. Mi padre era un emprendedor que a lo largo de su vida llegó a crear unas veinte empresas. Eso me hizo pensar con 37 años que ya era hora de independizarme profesionalmente, que se me estaba “pasando el arroz”. Dar el salto fue una decisión complicada, sobre todo desde la seguridad de mi trabajo en empresas sólidas.

—Te quedaste sin trabajo debido a un ERE en 1991. Entonces decidiste crear tu propia empresa (Raga Consultores) y establecerte como consultor de la industria farmacéutica. ¿Nos puedes contar algo de este período? ¿Con qué tipo de clientes trabajaste? ¿Te sentías satisfecho como consultor? ¿Qué dificultades encontraste?

Es verdad que el ERE catalizó la decisión de montar una empresa de consultoría para la empresa farmacéutica, pero ya lo había intentado dos años antes. En ningún momento tuve la idea de trabajar como consultor. Tenía tra-

“ Los bancos y a las instituciones están encantados de dejarse engañar cuando eres tú el primero que apuesta ”

zando un plan industrial, yo era un químico de la industria y estaba bien considerado. Esto te genera confianza en ti mismo, pero en aquel momento montar una planta por pequeña que fuera era imposible por motivos económicos.

Tres años trabajando con diversos clientes de la empresa químico-farmacéutica española me proporcionaron una visión amplia sobre la industria, diferente, vi que el mundo era más amplio, y, en cierta manera se me quitó el miedo. Y, sobre todo, descubrí que el ir a trabajar a laboratorios ajenos estaba bien, pero que lo que me faltaba era un laboratorio propio.

–Después de este período como consultor diste un salto importante a la producción. ¿Qué te llevó a dar este salto? ¿Por qué los esteroides?

Di un salto importante en 1994 con 41 años poniendo en marcha un laboratorio químico de desarrollo, con la financiación que obtuve de la hipoteca de mi casa y unos primeros créditos obtenidos de los bancos. Como apuesta fue muy medida. Yo podía perder mi casa pero nada más. Empezamos ofertando nuestros servicios de desarrollo a nuestros clientes previos que conocía de mi etapa como consultor. Así nucleamos un equipo de 7 personas con seis químicos para abordar un primer proyecto industrial: hacer síntesis química. Aquí es donde toca “engañar” a los bancos y a las instituciones. Hay que decir que están encantados de dejarse engañar cuando eres tú el primero que apuestas. Cuando se habla de “start-ups” y de ayudar a los jóvenes yo siempre digo

que eso está muy bien, siempre que ellos apuesten también lo que tienen, aunque solo sea una moto.

–¿Y entonces tenías 40 años? Esto es importante porque parece que con esos años uno ya está fuera.

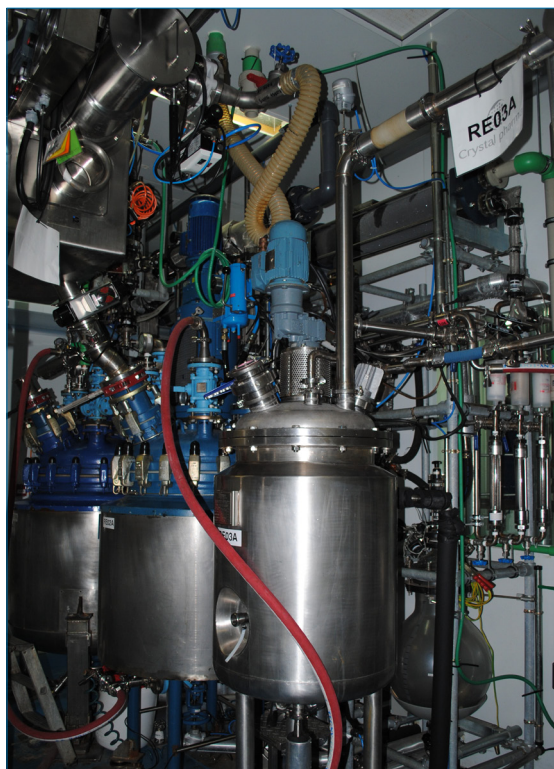
Cuando hablamos de emprendedores ponemos siempre el foco en los jóvenes. La juventud es muy importante, pero también es importante la base de una experiencia acumulada. Eso te da una ventaja tremenda.

–¿Y los esteroides?

Hay una parte circunstancial y otra que no lo es. La decisión fue medida y estudiada. Me propuse hacer algo que nadie estuviera desarrollando en términos de mercado, algo que nadie más hiciera, un nicho de negocio. Entrar en algo en donde, a ser posible, fuésemos únicos. Como químico orgánico yo podía aportar poco frente a compañías bien establecidas. La gracia estuvo en encontrar un hueco. Había unas pocas empresas italianas con las que competir en síntesis de esteroides pero las empresas indias y chinas todavía no estaban en el mercado. Eso nos hizo tomar la decisión y creo que acertamos.

–Tu primera empresa estaba en una nave del polígono industrial de San Fernando de Henares. De allí os trasladasteis a Valladolid. Esto nos lleva a tratar el primer tema empresarial. ¿La decisión tuvo que ver con la política fiscal autonómica? ¿Consideras que esta política es eficiente para el desarrollo industrial del país?

Sí. Yo vivía en Madrid y mi intención era quedarme en Madrid. Sin embargo, hacía falta una inversión importante para arrancar el proyecto industrial. El que Castilla-León fuera una región Objetivo-1 FEDER ofrecía el paraguas de la financiación por fondos europeos, lo que nos permitió arrancar. Aquellas ayudas se acabaron hace tiempo. A día de hoy ya no hay



Un reactor en la planta de Boecillo

ayudas a la inversión. Lo que si hay son préstamos aunque con la crisis, especialmente la crisis del sistema bancario, esto prácticamente ya no existe.

–En la consolidación posterior de tu empresa, además de cantidades enormes de esfuerzo e ingenio, ¿estuvieron presentes las ayudas públicas?

Sí, de dos tipos: fondos europeos que ya he mencionado canalizados por las administraciones autonómicas y que se pueden considerar ayudas directas. No pasa nada porque lo diga, pero estas ayudas llegaron al 40% en este parque tecnológico de Boecillo. Además tuvimos otra ayuda en forma de préstamo a interés cero por parte del CEDETI. Estas ayudas nos permitieron avanzar en el desarrollo de la producción de esteroides. Ahora puede parecer poco, pero el primer préstamo del CEDETI fueron 24 millones de pesetas y la ayuda FEDER que os he comentado fueron 80 millones de pesetas. Acometimos el proyecto con un fondo inicial de 200 millones de pesetas.

“Nosotros apostamos siguiendo el concepto “nicho””

–¿Cómo evalúas estas ayudas en el desarrollo industrial del país?

Las ayudas tienen una doble vertiente: el ciudadano común puede tener la impresión de que son selectivas y parciales, que pueden conllevar favores políticos. Nosotros hubiéramos hecho el proyecto sí ó sí, pero la ayuda permitió que anticipáramos 5 años su inicio. Las ayudas fueron para nosotros cruciales, y, a la larga, revirtieron en la ciudad que nos acogió con mucha más riqueza que la inversión inicial.

–¿Te sientes como empresario suficientemente apoyado por el Estado y por extensión por la UE? ¿Cuáles son las principales trabas que te encuentras en tu sector para el desarrollo empresarial?

En particular, nosotros nos encuadramos en el sector de principios activos (dentro del sector farmacéutico) que es un sector absolutamente global. Podemos vender en cualquier parte del mundo pero, de la misma manera, cualquier empresa puede vender aquí. Jugamos en un mercado único y no tenemos relación con las administraciones, para bien o para mal.

No obstante, la Administración siempre nos ha apoyado. De todas formas hay factores de competitividad que son más favorables en otros países. En fiscalidad, por ejemplo, aunque hemos mejorado, todavía no somos competitivos en comparación con otros países de Europa ni del resto del mundo.

–Pasando a temas más concretos sobre tu trabajo, tú apuestas en tu nuevo reto empresarial claramente por la fermentación. ¿Podrías explicarnos las razones?

Nosotros apostamos siguiendo el concepto “nicho”. En 1996 apostamos por la química de esteroides y nos fue bien. Además, entendimos que en Europa no había muchas empresas como la nuestra (no así en Asia), y además hemos tenido una gran ventaja: esto es una empresa familiar, en la que teníamos diseñada una hoja de ruta que hemos ido siguiendo. Sabemos dónde queremos estar dentro de 10-20 años, lo que te permite tomar las decisiones de cada día. Cuando hay coincidencia entre el gestor y el propietario, esto es una ventaja.

Una segunda ventaja, la más importante, es la experiencia propia acumulada dentro del sector. Las compa-

“Cuando hay coincidencia entre el gestor y el propietario, esto es una ventaja”



Trabajando en la planta de producción de Boecillo el día de la entrevista



Gerardo Gutiérrez con el Presidente de la Junta de Castilla y León, Juan Vicente Herrera, durante la inauguración de la Planta de Gadea Biopharma en León

“ Los Consejos Sociales de las Universidades son auténticos muertos vivientes ”

evidente, ¿qué podemos hacer para que los diferentes gobiernos se den cuenta de esto de una vez por todas?

En España en los últimos años ha habido un salto adelante en investigación, si dejamos aparte el paréntesis de la crisis que ha sido un palo tremendo para la I+D del país. Yo creo que hemos dado un salto adelante tangible y demostrable por los niveles de publicaciones científicas, aunque esto es muy matizable como indicador. Hay que tener en cuenta que en los primeros países del mundo, hablando en términos de I+D+i, la contribución más importante viene de la industria. También en España. Según datos de 2012 estábamos en unos 150€ por habitante. En Estados Unidos es unas ocho veces esta cantidad. Pero, además, mientras que el esfuerzo de la industria en I+D en España es del 50% del gasto total en esta partida, en Estados Unidos se eleva a los dos tercios. Esto quiere decir que si hay una pata que flaquea en el sistema español de I+D+i es la parte empresarial.

Respecto a dónde falla el sistema la primera pregunta que tenemos que hacernos es: ¿tenemos empresas? Como dato tenemos un 25% menos de industria que los países de nuestro alrededor y además el tamaño de las empresas españolas es comparativamente pequeño. Pensar que con estos datos vamos a mejorar nuestros indicadores de I+D+i es complicado. Además es como la pescadilla que se muerde la cola. Como no tenemos empresas no hacemos suficiente investigación y como no hacemos investigación las empresas no se desarrollan lo suficiente. Es como un círculo maldito.

“ Si hay una pata que flaquea en el sistema español de I+D+i es la parte empresarial ”

ñías competidoras no tenían la visión I+D+i “pinchada en vena” como nosotros. Si tu crees que la I+D+i es fundamental para estar por delante de tus competidores, eso te da ventaja. Además, después de conseguir colocarnos en el nicho de esteroides buscamos el nicho dentro del nicho: esteroides, y esteroides estériles. Siempre hemos ido un paso por delante de nuestros competidores. Y eso es lo que nos ha permitido ir creciendo mientras que las curvas de crecimiento de los demás están planas. Ahora somos la se-

gunda compañía en este sector y, lo que es más importante, con una curva de crecimiento que esta muy por encima de nuestros competidores.

¿Por qué fermentaciones? Nuestro modelo de crecimiento lo orientamos en términos verticales: que la nueva inversión se apoye y refuerce en lo que haces hoy. Nos fuimos al medicamento terminal, pero no a cualquiera, sino al campo de estériles y dentro de aquí lo más complicado, suspensiones inyectables. Al final esto se convierte en barreras que hay de superar. Dentro de esta idea de negocio, la fermentación nos proporciona tener nuestros propios suministros de intermedios y cubrir los compromisos de calidad que requieren las administraciones.

—Tus empresas tienen departamentos de I+D que alcanzan hasta un 19% de su plantilla. No sé si nos equivocamos, pero una parte de tu éxito probablemente deriva de esta inversión ¿Por qué no ocurre lo mismo en otras empresas? Si esto es tan

—Entonces, siguiendo tu modelo, los gobiernos en España y, por extensión, en la UE deberían apoyar la I+D+i de las empresas.

Lo que podría apoyar la I+D+i empresarial serían las medidas fiscales y muy importante la colaboración entre los sectores públicos (universidades y centros de investigación) y la empresa. Respecto a este último aspecto, el sistema no alienta que el investigador esté colaborando en la transferencia de conocimiento al tejido empresarial. La investigación del personal docente e investigador se valora con parámetros que no incentivan la colaboración con el tejido industrial. Por parte de la empresa muchas veces se dice que hay recelo a colaborar con los centros públicos de investigación. Yo creo que esto no es así. En general lo que hay es desconocimiento.

En este sentido, yo soy Presidente del Consejo Social de la Universidad de Valladolid y puedo decir que los Consejos Sociales de las Universidades son auténticos muertos vivientes. Se crearon con muy buena intención, como representantes de empresas públicas que es lo que son las Universidades. Estos “Consejos de Administración” (aunque esto cause sarpuñidos a muchos de los que están dentro de la Universidad) se han regulado con legislaciones autonómicas que hacen que estos órganos reproduzcan los órganos políticos: sindicatos, organizaciones empresariales, transportes, etc., y siempre poniendo al frente a gente de mucho prestigio social. Esta gente en la mayor parte de los casos no tiene vinculación con la I+D, pero, de lo que estoy seguro es de que su disponibilidad para entender lo que es la Universidad es muy limitada.

—Hemos dado un salto adelante en la entrevista pero Aprovechando que ha salido el tema y desde tu posición como Presidente del Consejo Social de la Universidad de Valladolid ¿Se debería cambiar la forma actual de gestión de las universidades públicas?

Absolutamente sí. En mi caso, cuando me nombran Presidente del



Una parte de los laboratorios de la planta de Boecillo

Consejo Social me llevo dos sorpresas. La primera encontrarme con gente con una altísima preparación y una gran ilusión, fortaleza y dedicación al trabajo. Es decir: hay personas con las que se puede y merece la pena trabajar. Después, nunca me pude imaginar que los mecanismos de gobernanza de la Universidad fueran tan malos y perversos para su propio funcionamiento y la consecución de sus fines.

—Seguimos con este tema: Gestión empresarial y gestión universitaria: ¿Se podría trasladar la una a la otra?

Yo creo que hay que hablar de buena gestión e identificar elementos mejorables en la gestión de la universidad. Hay que intentar racionalizar el sistema. Por ejemplo, tenemos en Castilla-León cuatro universidades públicas, con tres facultades de química en una comunidad en la que debe haber unas cuatro com-

pañías químicas. Seguramente una única Facultad con todo el profesorado junto produciría una sinergia que daría resultados positivos. Otro aspecto es el profesorado. La endogamia es clarísima. Cuando se forma a un doctor la preocupación de sus jefes es “darle carrera” y todo se hace para esto. Por poner un ejemplo, ¿cómo es posible que Alfredo Pérez Rubalcaba después de 30 años en política pueda incorporarse a la Facultad de Química en lugar de ser Catedrático en la de Políticas, mientras que un premio Nobel de Química no pueda dar clases en la Facultad de Química? Si a esto unes la carencia absoluta de incentivos (pan para todos), yo estoy convencido de que la gente que hace las cosas bien y con ganas acaba cansándose.

—¿Crees que la Universidad actual es capaz de formar profesionales con una

“ **Nunca me pude imaginar que los mecanismos de gobernanza de la Universidad fueran tan malos y perversos** ”



Gerardo Gutiérrez toma posesión como Presidente del Consejo Social de la Universidad de Valladolid

salida profesional a la industria? ¿Crees que es capaz de formar a gente con espíritu emprendedor, creatividad, liderazgo y con iniciativa propia?

El modelo económico del país es lo que condiciona en buena parte lo que estamos hablando, en la medida en la que el sector industrial español es especialmente débil en relación con otros países del entorno. España ha generado un modelo de crecimiento que fracasó en la última crisis. Playa, sol y servicios. Por supuesto, no debemos desaprovechar esto, pero si lo que quieres es potenciar un modelo basado en la economía del conocimiento, la Universidad española no está pensada ni está actuando para dar respuesta a esta necesidad.

—¿Qué contenidos le pedirías a un nuevo plan de estudios en Ciencias Químicas?

El Plan de Estudios actual se ha hecho para satisfacer a los departamentos y sus necesidades. No se cuenta con la industria o con las empresas que van a ser receptoras de los estudiantes. Se sigue un modelo que pretende formar al estudiante a imagen y semejanza del que hace el plan de estudios, no de lo que necesita el mercado.

Otro aspecto: al comparar los planes de estudio actuales y el que yo estudié (1971-1976) hay un 40% menos de tiempo dedicado a matemáticas y física, las asignaturas que me ayudaron a estructurar la cabeza, a resolver problemas, especialmente el Álgebra y el Cálculo. Yo estuve 5 años resolviendo problemas. Desde la perspectiva de empresa esto es lo importante: no la cantidad de conocimientos sino el desarrollo de competencias.

—¿Cómo selecciona tu empresa el personal para trabajar en I+D+i? Te hemos escuchado hablar de esto en tus conferencias pero nos gustaría que lo explicarás a nuestros lectores.

La criba inicial consiste en saber o no inglés. Aquí los químicos trabajan con personas y empresas de todo el mundo y esto es imprescindible. Si en tu currículum no figura que dominas el inglés no te vamos a llamar. La segunda criba es la primera impresión personal que te llevas al ver a la persona, su expresión, su actitud. Es muy difícil que te equivoques después de esta primera impresión y no os cuento si le dejas hablar 30 segundos. Después se evalúan las competencias, etc. Los candidatos pasan

por varias personas y al final se pone en común. La coincidencia entre todos los que valoramos al candidato suele ser muy alta. Pero la primera impresión, eso de que la cara es el espejo del alma, funciona casi siempre.

—¿Cómo ves a nuestros graduados? ¿Son capaces de enfrentarse a los retos del mercado de trabajo?

Posiblemente la generación actual es la generación más “titulada” de la historia pero esto no se puede correlacionar con preparación. La gente que hoy dirige nuestra empresa es gente que tiene alrededor de 40 años, que empezó con 24 años cuando nos vinimos a Valladolid. Hasta aproximadamente 2002, el nivel de los nuevos contratados ha sido muy alto. Esto cambió a partir de 2002 coincidiendo con las primeras generaciones que empiezan a llegar desde la LOGSE. La opinión de los profesores de la Universidad de Valladolid con los que hablo todas las semanas es unánime a este respecto. ¿Estamos ante la mejor generación? No.

Hay algo en lo que nos fijamos especialmente en esta empresa al leer los currículos de los solicitantes: ¿qué haces mientras encuentras tu primer trabajo? Lo normal es que te digan que van de un master a otro. Yo esto lo valoro negativamente. Valoro más al que se va a aprender inglés o al se pone a trabajar en otra cosa. Como índice de iniciativa esto es más importante que ir acumulando Másters.

—Entonces, ¿Másters o experiencia?

¿Hablar de grados de 4 años frente a los cinco que tenía antes? Yo creo que la carrera de Química de 4 años se queda coja. Si hablamos de estudios de máster que permitan completar la formación que se ha perdido al hacer el sistema de grado, puede ser positivo. Para la empresa lo que hace falta es una preparación más amplia. Si tu haces un grado de 3 años en términos profesionalizantes no has hecho prácticamente nada. Quizás haría falta una formación profesional de 3er grado. Para trabajar y dirigir la empresa hace falta gente con competencias

“ Hay que tener una cabeza, tener suerte también, pero hay que tener la visión de dónde quieres ir ”

más amplias. Se podría resolver al estilo antiguo de las escuelas de ingeniería: planes de estudio de tres años y planes de estudios de cinco años. En química se podría hacer un grado de tres años que acabaría ahí y otro grado que sería únicamente la primera parte de tu carrera química.

—Antes de terminar, no nos resistimos a preguntarte una cosa: ¿cuál es la receta del éxito?

Yo soy de Riaño, de la montaña, y la gente de la montaña dice: “el que tropieza y no cae, adelanta camino”.

La receta del éxito es entender tu trayectoria vital en términos profesionales en el largo plazo, que no se pueden acortar los tiempos. Es como una escalera, el peldaño 1 va primero y luego el 2, y así sucesivamente. Por ejemplo, se nos quemó la planta en el verano de 2003 y nos quedamos sin nada. La tentación fue abandonarlo todo. Pero la apuesta fue seguir adelante y salimos de esa más fuertes. Es decir, tropiezas y sigues adelante.

¿Cuál es la receta del éxito? Hay que tener una cabeza, tener suerte

también, pero hay que tener la visión de dónde quieres ir. La vida me llevará allí con pequeños zigzags, pero sé dónde quiero llegar. Tienes que preguntarte: “¿qué quieres ser?”. Cuanto más claro y más pronto sepas dónde quieres ir, sabiendo que te vas a caer un montón de veces, antes llegarás.

Gracias por tu tiempo. Por último, nos gustaría pedirte tu consentimiento para que tu foto aparezca en la portada de *Anales de Química*. Consideramos que sería algo diferente y que animaría a nuestros lectores, especialmente los más jóvenes. Verían que, aunque las cosas estén muy mal, con inteligencia y esfuerzo se puede llegar tan lejos como has llegado tú y tu empresa.

SONSOLES MARTÍN SANTAMARÍA
MIGUEL Á. SIERRA

Submit to your society's journals
www.chempubsoc.eu

The advertisement displays a collection of journal covers from ChemPubSoc Europe. The covers are arranged in two rows. The top row includes CHEMISTRY A European Journal, CHEMPLUSCHEM, ChemistryOPEN (marked as an Open Access Journal), ChemViews (ChemPubSoc Europe Magazine), EurJOC (European Journal of Organic Chemistry), and EurJIC (European Journal of Inorganic Chemistry). The bottom row includes CHEMBIOCHEM, CHEMMEDCHEM, CHEM & CHEM, CHEMCATCHEM, CHEMPHYSICHEM, and CHEMLECTICHEM. A logo for RSEQ (Real Sociedad Española de Química) is shown in the top right corner of the advertisement area.

Una visión personal de la investigación química en España desde 1958

Manuel Martín-Lomas

El editor de *Anales de Química*, Miguel Ángel Sierra, me ha pedido amablemente que escriba un artículo dando mi visión personal sobre la evolución de la química en España desde que inicié mis estudios universitarios hasta nuestros días. Me halaga que piense que tengo algo interesante que contar y le agradezco sinceramente la invitación aunque quiero puntualizar que el interés que pueda tener mi historia se debe simplemente a que pertenezco a una generación de químicos que inició su carrera en la dictadura, vivió en primera persona la extraordinaria transformación de nuestro sistema de ciencia y tecnología en los años setenta y ochenta del siglo pasado y tuvo la suerte de poder desarrollar buena parte de su actividad investigadora en libertad y en democracia. A pesar de sobresaltos puntuales y de alguna inevitable decepción, me considero un investigador afortunado cuya carrera hubiese podido ser, quizás, más relevante de haberse iniciado en mejores circunstancias pero que, como contrapartida, se ha enriquecido con experiencias que nunca hubiese tenido de haber nacido en un país científicamente “normalizado” de acuerdo con los actuales estándares de nuestro mundo occidental.

Mi opinión sobre la evolución de la investigación química en España desde los años 60 del siglo pasado hasta nuestros días coincide, en gran medida, con la que José Elguero, el químico español que más ha escrito sobre el tema en los últimos treinta años, ha venido expresando en diversas publicaciones desde que aparecieron las conclusiones de las ya célebres jornadas que se celebraron en el palacio de La Magdalena en 1985 bajo los auspicios de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).^[1] Para el lector interesado, el volumen 4 de la enciclopedia *España*, de Espasa Calpe, dedicado a Ciencia, aparecido en 1990 y dirigido por José María López Piñero, contiene un capítulo titulado “Química”, escrito por Elguero, donde se presenta la estructura de la química española del momento mediante una serie de árboles genealógicos.^[2] Exceptuando los nombres de las últimas generaciones, los esquemas son los mismos que los que hubiésemos podido trazar en los años 60. La pintura

a día de hoy sería bastante más amplia y compleja. En los treinta años transcurridos desde las jornadas de Santander, la situación ha experimentado un cambio sustancial. El mismo Elguero escribió sobre ello ya en 2003 en un artículo publicado en estos *Anales* titulado “La química española 1981-2003”^[3] y un poco más tarde, en 2006, trató de nuevo el tema en otro artículo publicado en *Arbor* y titulado “La química española: 2005-2020.”^[4] Además de estas publicaciones, Elguero ha analizado aspectos de la investigación química española en otros artículos y en diversas entrevistas. Su primera y más evidente conclusión es que el cambio operado ha sido extraordinario. Cada vez somos más, publicamos más y en mejores revistas. No obstante debemos ser conscientes de que perdimos el tren de los siglos XIX y XX y, por ahora, no pasamos de ser una potencia media en el panorama internacional que tiene que esforzarse para seguir siéndolo en los próximos años. Para continuar donde estamos y progresar en el camino iniciado es imprescindible que los poderes públicos definan y pongan en práctica una política científica clara y estable acompañada de inversiones acordes con las de un país científicamente desarrollado y que el sector privado se implique seriamente en esta política y establezca una fluida interacción con las entidades investigadoras y los grupos de investigación. Los investigadores por nuestra parte debemos ser conscientes de que la química ha evolucionado para convertirse en una ciencia interdisciplinar y que, por tanto, tenemos que formular nuestros objetivos científicos, con autenticidad y honradez, de acuerdo con esta evolución. Como ha indicado recientemente Whitesides,^[5] debemos ser conscientes de que el período iniciado tras finalizar la segunda guerra mundial que dio lugar a un desarrollo sin precedentes de la síntesis orgánica, la química cuántica, la espectroscopía, la química organometálica y otras muchas áreas, parece haber concluido y la química ha pasado de ser una disciplina que estudia átomos, moléculas y enlaces a constituir una ciencia que trata con sistemas moleculares complejos en diversas formas –en ciencia de materiales, biología, geología, etc.– de tal modo que su simple definición como ciencia de los átomos, las moléculas y las reacciones ya no abarca su potencial ni la complejidad de los retos que deberá afrontar en el futuro.

En los apartados siguientes intentaré reseñar lo que considero más destacable de mis experiencias personales en más de cincuenta años de vida profesional a lo largo de los cuales la química española pasó de “...económicamente ineficaz, científicamente ínfima, internacionalmente nula e industrialmente raquítica...”^[6] a ser internacionalmente reconocida y considerada. Pienso que la evolución de la química en España a lo largo de esos años no puede en-



CIC Biomagune,
Paseo Miramón 182,
2009 San Sebastián (Guipuzcoa).
C-e: mmartinlomas@cicbiomagune.es

M. Martín-Lomas Recibido: 13/06/2015. Aceptado: 26/06/2015.

tenderse si no se analiza a la luz de la particular historia de nuestro país en ese período. Los químicos de mi generación iniciamos nuestras carreras en un estado totalitario con unas universidades que, a pesar del tiempo transcurrido, continuaban casi tan desmanteladas como al final de la Guerra Civil y las hemos concluido o las estamos concluyendo en universidades y centros de investigación homologados con los de los países de nuestro entorno en el marco de un estado casi federal y plenamente integrado en la Unión Europea.

AÑOS DE APRENDIZAJE (1958-1970)

Estudí la carrera de Ciencias Químicas entre 1958 y 1963. La tesina de licenciatura la realicé entre el cuarto y el quinto curso de carrera y la tesis doctoral entre 1963 y 1966 en los laboratorios de la cátedra de Química Orgánica y Bioquímica de la Universidad de Sevilla bajo la supervisión de don Francisco García González y José Manuel Fernández-Bolaños. Don Francisco fue el pionero de la química de hidratos de carbono en España. Con un decidido interés por la química biológica y atraído por la ingente obra de Emil Fischer, se había trasladado en 1927 al Instituto de Química de Berlín cuyo director había sido Fischer desde 1892 hasta su fallecimiento en 1919. Regresó a España en 1931 y, tras un breve período en el laboratorio de don Antonio Madinaveitia en el “Rockefeller,” obtuvo la cátedra de Química Orgánica de la Universidad de La Laguna en 1932 pasando de allí a Cádiz y finalmente a Sevilla. Desde 1940, siendo aún su titular don Manuel Lora, la cátedra estuvo ligada al CSIC, primero como parte de una sección del Instituto de Química “Alonso Barba” adscrito al Patronato “Alfonso X el Sabio” y a partir de 1956 al Instituto de Química del Patronato “Juan de la Cierva” de Investigación Científica y Técnica.^[7] Aunque las condiciones de trabajo dejaban mucho que desear, siempre consideré una suerte haber empezado mi carrera en un laboratorio universitario subvencionado por el CSIC porque éste facilitaba una estructura mínima indispensable para hacer investigación que las otras cátedras no tenían. En los años 60 la investigación de nuestro laboratorio estaba en gran medida en manos de José Manuel Fernández-Bolaños y Antonio Gómez Sánchez, ambos investigadores del CSIC. Ellos contribuyeron decisivamente a mantener la investigación como algo consustancial a la cátedra, iniciaron a varias generaciones de químicos en la investigación y con su dedicación y su buen hacer fueron un ejemplo vivo para todos los que pasamos por aquellos laboratorios a lo largo de muchos años. Con don Francisco y con ellos aprendí los rudimentos del oficio de investigador y a pesar de los años transcurridos sigo teniéndolos en mi recuerdo con afecto y gratitud.

Alrededor de 1962, cuando empecé mi tesina, podía obtenerse una visión bastante aproximada de la investigación química en España leyendo la Memoria Anual del CSIC que recogía la labor de sus Institutos propios y de las cátedras asociadas. La investigación en la Universidad era extraordinariamente escasa y la poca que existía, básica o aplicada, estaba asociada al CSIC. De acuerdo con un infor-

me de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) de 1964 el 85% del gasto en I+D en España se canalizaba a través de los grandes centros de investigación: Junta de Energía Nuclear (JEN), Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y, sobre todo, CSIC, una parte importante de cuyo presupuesto correspondía al Patronato “Juan de la Cierva” esencialmente dedicado a la investigación aplicada.^[8]

Aunque yo lo ignoraba, desde unos meses antes de mi ingreso en la Universidad de Sevilla y mientras hacía mi tesina de licenciatura y mi tesis doctoral se produjeron acontecimientos importantes en relación con la planificación y la financiación de la investigación científica en España. En febrero de 1958 se había creado la CAICYT, dependiente de la Presidencia del Gobierno, con el propósito de coordinar la investigación científica y tecnológica sustituyendo al CSIC en esta tarea e introduciendo el concepto moderno de I+D en la legislación española.^[9] En 1962, don Manuel Lora se hizo cargo del Ministerio de Educación Nacional que en 1966 pasó a llamarse Ministerio de Educación y Ciencia; en 1963, se creó la Comisión Delegada del Gobierno de Política Científica y se aprobó el primer Plan de Desarrollo Económico y Social que, como ha contado Emilio Muñoz,^[10] introdujo en España el concepto de proyecto de investigación; y en 1964 se creó el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica y Técnica (FONDICYT) dotado inicialmente con fondos del Plan de Desarrollo. Este fondo permitía la financiación de proyectos de investigación y de planes concertados con la industria y la adquisición de equipos.

En pocas palabras, el paso de las políticas autárquicas del primer franquismo a las tecnocráticas que les sucedieron cuando me iniciaba en la investigación se tradujo en un cambio que, aunque no debió ser inmediatamente perceptible desde muchos laboratorios, tuvo consecuencias. Como ha indicado Javier López Facal^[9] este cambio propició que la concepción de la ciencia como herramienta para el desarrollo de la sociedad, enunciada en 1945 en el célebre informe de Vannevar Bush titulado *Science, the endless frontier*^[11] llegase también a España. Esta nueva concepción, entre otras cosas, había dado lugar en los Estados Unidos a la creación de la *National Science Foundation* en 1950 y auspiciado la puesta en marcha del *Institute for Scientific Information* (ISI) que había empezado modestamente su actividad en 1958 con la publicación de los *citation indexes*. Como ejemplo fehaciente del cambio que se estaba operando, en 1963 don Manuel Lora estuvo presente como representante de España en la reunión de los ministros responsables de ciencia de veintitrés países convocada por la OCDE en la que se decidió la redacción de un manual para unificar la medición de la actividad científica conocido luego como el manual de Frascati.^[12] Tímida y modestamente, al menos así lo percibía yo cuando en los últimos sesenta empecé a salir fuera de España, habían empezado a darse los primeros pasos para “homologarnos” con los países de nuestro entorno.

Pero los cambios fueron lentos y sus efectos tardarían años en notarse. El FONDICYT se creó y se dotó económicamente seis años después de la creación de la CAICYT y hasta 1970 no se estableció un régimen de convocatoria

anual que hubo de suspenderse temporalmente a causa de la gran desproporción entre solicitudes y recursos. No obstante el fondo creció de modo considerable entre 1965 y 1981 pasando de cien millones de pesetas a unos tres mil que permitieron aumentar nuestra inversión en I+D en ese período hasta el 0,35% del producto interior bruto (PIB).^[13]

No tengo datos precisos para hablar con un mínimo rigor sobre cómo esta nueva situación afectó específicamente a la investigación en química. A mí personalmente los Planes de Desarrollo que la propiciaron me permitieron disfrutar entre 1968 y 1971 de una beca postdoctoral en el Reino Unido y conseguir una plaza de colaborador científico del CSIC en Madrid en 1970. Según las Memorias del CSIC, a finales de 1975, último año del tercer y último Plan de Desarrollo, la CAICYT había financiado ciento noventa y cuatro proyectos del CSIC y el III Plan unos cincuenta, la química consumió el 11,43% del presupuesto del CSIC al que correspondió el 25% del presupuesto total en I+D que ese año representó el 0,24% del PIB.^[14]

PRIMERA ETAPA EN EL CSIC (1970-1996)

Durante mi etapa postdoctoral y mis primeros tiempos de investigador del CSIC, entrando ya en el período de transición a la democracia, los cambios se produjeron a ritmo acelerado. En unos pocos años se creó un buen número de universidades la inmensa mayoría de las cuales implantó estudios de química. Paralelamente, el CSIC inició en 1977 la mayor transformación de su historia con la supresión de los Patronatos y el Consejo Ejecutivo y la aprobación de un nuevo reglamento que simplificó las estructuras y los procedimientos administrativos e instauró la participación

del personal en los órganos de gobierno y de gestión. Ese mismo año se fundó el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) con el fin de contribuir a mejorar la competitividad de la industria elevando su nivel tecnológico y dos años más tarde la CAICYT experimentó una importante reorganización que tuvo como consecuencia la regularización de las convocatorias y la evaluación por pares de las propuestas.

Estaba produciéndose un importante cambio social con repercusiones en todos los ámbitos de la vida que en el de la enseñanza superior y la I+D produjo, entre otras,^[15] la Ley Orgánica de Reforma Universitaria (LRU) en 1983 y la Ley de Fomento y Coordinación de la Investigación Científica y Técnica (Ley de la Ciencia) de 1986.^[16] La LRU, que por primera vez en España menciona la investigación como una de las funciones de la Universidad, permitió a los profesores doctores independizarse de la jerarquía de las cátedras y gestionar su propia investigación cambiando radicalmente el panorama de la investigación universitaria. La Ley de la Ciencia puso en marcha mecanismos de programación de la actividad científica y tecnológica, estableció el Plan Nacional de I+D y la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y consiguió un aumento sin precedentes de los fondos para investigación. A su amparo se creó, en 1987, la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP), que convirtió en rutina y perfeccionó la evaluación por pares iniciada por la CAICYT y, en 1989, la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora (CNEAI) que asignó por primera vez complementos retributivos en función de méritos en investigación.

En lo que se refiere al CSIC, los presupuestos crecieron ininterrumpidamente desde 1986 y la incorporación de personal alcanzó su máximo histórico entre 1986 y 1990. Se intentó articular una política científica y establecer una



Figura 1. El Grupo de Carbohidratos del Instituto de Química Orgánica en 1988 (Madrid)

programación trienal. En la programación 1985-1987 se pusieron en marcha ocho *programas movilizadores* uno de los cuales, de especial relevancia en el ámbito de la química, fue el de ciencia de materiales que culminaría con la creación de los institutos del mismo nombre en Madrid, Barcelona, Zaragoza y Sevilla y que sería después asumido por el Plan Nacional.

Tuve la suerte, como todos los de mi generación, de vivir este proceso en primera persona. Como investigador pude consolidar el Grupo de Carbohidratos en el Instituto de Química Orgánica en Madrid y como director del Instituto, entre 1983 y 1987, tuve la oportunidad de participar en algunas de las comisiones que colaboraron en la elaboración de la programación y coordinar la que redactó el capítulo dedicado a la química y las tecnologías químicas del primer Programa Sectorial del CSIC elaborado para ser incluido en el primer Plan Nacional. Esto me permitió llegar a conocer con detalle la química en el CSIC y su historia, descubrir el potencial de sus zonas de solapamiento con la física, la ciencia de materiales y la biología y estrechar mi relación con compañeros como José Elguero, José María Serratos, Salvador de Aza, Fernando Briones, Ulises Acuña, Francesc Camps, Martín Martínez Ripoll y Avelino Corma, entre otros, seriamente interesados en el futuro del CSIC, en general, y de sus institutos de química y materiales, en particular, en la nueva situación que se estaba configurando. Pero este es un tema de interés sólo para los que hemos hecho nuestra carrera en el CSIC que quizás mereciera ser tratado algún día en capítulo aparte.

Aquellos años de entusiasmo regeneracionista y de optimismo que culminaron con los fastos del 92 operaron casi un milagro en la investigación química española. La

comunidad de químicos en las universidades y en el CSIC experimentó el mayor crecimiento de su historia y adquirió una dimensión internacional sin precedentes, los laboratorios se dotaron de infraestructura y los proyectos de investigación empezaron a financiarse de un modo regular. Los resultados de la liberalización de la investigación auspiciada por la LRU y la nueva reglamentación del CSIC, el fuerte esfuerzo financiero y la internacionalización no se hicieron esperar y en muy poco tiempo empezaron a dar frutos. En el CSIC, los químicos de mi generación pudieron consolidar grupos independientes que crecieron y se multiplicaron aunque buena parte de la química se integró en los nuevos institutos de ciencias de materiales que pasaron a ser una nueva área científico-técnica independiente dentro de la institución.

No hubo otras nuevas actuaciones en química en el CSIC hasta 1990 cuando se creó, de un modo extremadamente modesto en comparación con las iniciativas anteriores en ciencia de materiales, biotecnología o microelectrónica, el Instituto de Tecnología Química como centro mixto CSIC-Universidad Politécnica de Valencia gracias al entusiasmo y el tesón de Avelino Corma y Jaime Primo. Este instituto habría de convertirse, andando los años, en un indiscutible centro de referencia internacional de la química española.

SEGUNDA ETAPA EN EL CSIC (1996-2006)

La financiación se estancó de nuevo en 1992 aunque volvió a crecer a partir de 1996. En ese período se plasmó una nueva iniciativa en química en el CSIC aprovechando la inercia de la etapa expansiva y la oportunidad de



Figura 2. El Departamento de Química Biológica del Instituto de Investigaciones Químicas en 2001 (Sevilla)

sumar un nuevo instituto a un proyecto existente desde los últimos ochenta para reubicar los centros mixtos del CSIC y la Universidad de Sevilla en edificios construidos para la exposición de 1992. Nació así el Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) como centro mixto del CSIC y la Universidad de Sevilla constituido por el grupo de Julio Delgado Martín, que se trasladó de La Laguna, el de Ernesto Carmona Guzmán y el nuestro que se trasladó desde Madrid. El instituto se integró en el Centro de Investigaciones Científicas de la Isla de la Cartuja juntamente con el Instituto de Biología Vegetal y Fotosíntesis y el Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla, que ya existían con anterioridad, y se inauguró en la primavera de 1996. Allí permanecí hasta abril de 2006.

Durante mi estancia en Sevilla tuvo lugar otra iniciativa llamada a tener una acusada repercusión en el panorama de la química española: la creación del Instituto Catalán de Investigaciones Químicas (ICIQ) en el año 2000. El papel que juegan las Comunidades Autónomas en el sistema español de ciencia y tecnología y, en concreto, su influencia sobre la evolución de la investigación química en España es un tema de indudable interés que merecería un tiempo y un espacio de los que hoy no dispongo. El ICIQ, que inició su actividad en 2004, es, en mi opinión, un magnífico ejemplo de centro de química creado como fundación por un gobierno autonómico, el de la Generalitat de Cataluña, que en poco más de diez años de actividad, bajo la dirección de Miquel Pericás, ha llegado a alcanzar prestigio internacional.

Quizás animado por lo que ya se vislumbraba como una trayectoria de éxito del ICIQ, acepté en verano de 2005 la invitación para poner en marcha un nuevo centro

de investigación patrocinado por el gobierno de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

CIC BIOMAGUNE (2006-2015)

Biomagune es también una iniciativa autonómica. El centro forma parte de una red de centros de investigación en áreas estratégicas creada con la misión de contribuir al desarrollo económico y social del País Vasco. Se inauguró a finales de 2006 e inició su actividad a lo largo de 2007. Jurídicamente es una asociación sin ánimo de lucro cuyo principal objetivo es desarrollar investigación científica e innovación tecnológica dirigidas a la creación de un nuevo sector industrial en el campo de los biomateriales. Su proyecto científico le sitúa en la interfase entre la química, la física y la biología y sus programas de investigación se centran en el estudio de las propiedades a escala molecular y las aplicaciones de nanoestructuras con significación biológica. Su infraestructura comprende una instalación de imagen molecular y funcional preclínica, única en Europa, que ha sido reconocida como Instalación Científico-Técnica Singular (ICTS) por el Ministerio de Economía y Competitividad. En mi opinión, Biomagune es un verdadero instituto de química en su actual acepción de ciencia interdisciplinar al que hacía referencia al principio comentando el reciente artículo de Whitesides en *Angewandte*. La definición de su proyecto científico, el diseño de su estructura, su puesta en marcha y el hecho de que un joven científico de la categoría de Luis Liz-Marzán aceptara ser mi sucesor como director del mismo están entre las experiencias más satisfactorias de mi vida profesional.



Figura 3. Inauguración de CIC Biomagune por el lendakari Ibarretxe en 2006 (San Sebastián)

A MODO DE CONCLUSIÓN

Los químicos de mi generación iniciamos nuestras carreras en unas universidades desmanteladas en las que sólo las cátedras asociadas al CSIC, con grandes dificultades, estaban en condiciones de hacer investigación. Vivimos durante nuestros años de aprendizaje el paso de las políticas autárquicas a las tecnocráticas del régimen franquista que, aunque tímidamente, nos permitieron a algunos formarnos y establecernos como investigadores en un país donde sólo algunos centros del CSIC disponían de infraestructuras científicas dignas de tal nombre. En nuestros años como profesionales de la investigación hemos sido testigos de la mayor transformación conocida en nuestro sistema de ciencia y tecnología: el establecimiento de un marco normativo que permitió la liberalización y la internacionalización de nuestra investigación y un esfuerzo financiero sin precedentes nos pusieron en poco más de una década en condiciones de competir a escala internacional. A lo largo de ese proceso y a partir de él todos nosotros jugamos un papel, cada uno según sus circunstancias y sus capacidades, y contribuimos a colocar a España como una potencia de tipo medio reconocida y apreciada en el mundo de la investigación química. Si miramos hacia atrás debemos sentirnos complacidos. Si miramos adelante debemos hacerlo con confianza –si no ocurre una catástrofe nunca volveremos a la situación de la que partimos– pero conscientes de que se están produciendo cambios de extraordinaria envergadura y que debemos estar preparados para responder de modo adecuado a lo que la química y sociedad nos demanden.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Elguero, Ponencia de apertura en “Tendencias Actuales en Química” p. 9-16. Encuentros en la Universidad Menéndez Pelayo, Santander 3-5 de julio de 1985.
- [2] J. Elguero, “Química”. Enciclopedia *España*, vol. 4 “Ciencia”. (J. M. López Piñero, director). Espasa Calpe, **1990**.
- [3] J. Elguero, *An. Quím.* **2003**, *99*, 5-13.
- [4] J. Elguero, *Arbor* **2006**, (718), 153-156.
- [5] G. Whitesides, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 3196-3209.
- [6] J. Elguero, Reunión del Grupo Especializado de Química Orgánica, La Toja, 1981; citado por J. Elguero, *An. Quím.* **2015**, *111*, 25-28.
- [7] En el Instituto de Química “Alonso Barba” inició su andadura la química en el CSIC tras su creación en 1939. Su director fue durante muchos años don José Casares Gil (1866-1961) y tuvo al principio secciones de Química Analítica (Casares), Química Agrícola (José María Albareda), Química Física y Química Inorgánica (Antonio Rius Miró) y Química Orgánica (Manuel Lora Tamayo). La Química Agrícola desapareció en 1942, al crearse el Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal; la Química Física se desgajó en 1946 para constituir el Instituto de Química Física “Antonio de Gregorio Rocasolano”; y la Química Orgánica lo hizo en 1955 para constituir el Instituto de Química del Patronato “Juan de la Cierva”.
- [8] “Country Report on the Organization of Scientific Research”: OCDE, **1964**.
- [9] J. López Facal, *Quark* **2001-2002**, *22-23*, 18-21.
- [10] E. Muñoz y F. Ornia, *Ciencia y Tecnología: Una oportunidad para España*, Editorial Aguilar, **1986**.
- [11] V. Bush, *Science, the Endless Frontier*. Washington, National Science Foundation, **1960**.
- [12] “The Measurement of Scientific and Technical Activities: Proposed Standard Practice of Surveys of Research and Experimental Development. Frascati Manual”. OCDE, París 1976.
- [13] J. M. Serratosa. *Transición a la Democracia y Política Científica en Cien Años de Política Científica en España* (Eds.: A. Romero Pablos y M. J. Santesmases), Fundación BBVA, **2008**.
- [14] Memoria 1975, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- [15] En 1986 entraron también en vigor la Ley de Patentes y la Ley de Propiedad Intelectual.
- [16] Una serie de documentados estudios sobre la evolución de la investigación en el sector público a partir de la transición política en nuestro país puede encontrarse en *Radiografía de la investigación pública en España*, J. Sebastián y E. Muñoz, editores, Biblioteca Nueva, Madrid, **2006**.

Caracterización estructural de poliuretanos segmentados elastoméricos bajo deformación uniaxial

Borja Fernández-d'Arlas, María A. Corcuera y Arantxa Eceiza

Resumen: La estructura segmentada de los poliuretanos (PU) elastoméricos es atractiva para el diseño de materiales supertenaces, capaces de absorber grandes cantidades de energía mecánica. La comprensión de la influencia de la arquitectura macromolecular de los segmentos en la morfología y propiedades de los sistemas orientados es imprescindible para entender su papel en las propiedades mecánicas resultantes. En este trabajo se presentan distintas metodologías empleadas en la caracterización estructural de distintos PUs segmentados con distinta arquitectura molecular y se discute la información obtenida con cada técnica en función de la naturaleza de los bloques constituyentes.

Palabras clave: Poliuretanos segmentados, caracterización estructural, orientación macromolecular, relación estructura-propiedades, biomimesis de la seda de araña.

Abstract: The segmented structure of polyurethane elastomers (PU) is an interesting feature to design super-tough energy absorbing materials. Understanding the role of segment architecture on the morphology of oriented PU specimens is important to understand the reinforcing mechanism within the material. In this work we present different methodologies employed in the structural characterization of segmented polyurethanes with different macromolecular architecture. It is discussed the type of information obtained with each technique as function of the nature of the different PUs constituent blocks.

Keywords: Segmented polyurethanes, structural characterization, macromolecular orientation, structure-properties relationship, spider silk biomimicry.

INTRODUCCIÓN

Los poliuretanos (PU) segmentados presentan características morfológicas y estructurales que los hacen atractivos para el desarrollo de materiales super-tenaces, capaces de absorber grandes cantidades de energía mecánica de manera análoga a las sedas.^[1,2] La excepcional combinación de resistencia (1-2 GPa) y deformabilidad (20-30%) intrínsecas de las sedas, las dotan de una enorme tenacidad (150-300 MJ·m⁻³),^[3,4] que determina su gran capacidad de absorber energía mecánica. Las excepcionales propiedades de las sedas se atribuyen a la estructura macromolecular de las cadenas polipeptídicas de las fibroínas, que se componen de segmentos rígidos cristalinos, de tipo lámina-β, ricos en alanina (tipo AGAAAAA), alternados con segmentos amorfos formados por unidades ricas en glicina

(tipo GGYGGLG) que forman estructuras menos ordenadas.^[5,6] Los segmentos cristalinos imparten resistencia a la fibra y capacidad de transferencia de carga a través de enlaces de hidrógeno entre grupos amida (N-H y C=O), mientras que los amorfos proporcionan elasticidad.^[7]

Con el fin de lograr materiales con propiedades comparables, algunos grupos han emprendido en la síntesis de la seda a partir de la bioingeniería molecular en cabras^[8] o bacterias.^[9] Sin embargo, nuestro grupo persigue la “biomimesis” de la seda a partir del diseño de nuevos PUs que desarrollen una capacidad de auto-ensamblado y propiedades mecánicas análogas.^[2,10]

La versatilidad de diseño de los PU permite desarrollar materiales con muy distinta relación estructura-propiedades.^[1,2,11,12] La comprensión de la influencia de la naturaleza y de la arquitectura de los segmentos en la morfología y propiedades de los PUs orientados es fundamental para entender su papel en las propiedades mecánicas resultantes.^[1,2]

La caracterización estructural completa de polímeros abarca rangos comprendidos entre la escala macroscópica, donde se manifiestan propiedades estructurales a través de su transparencia u opacidad, hasta la escala macromolecular (Figura 1) donde la asociación intermolecular de las macromoléculas genera distintas morfologías y grados de cristalinidad, pasando por la escala microscópica donde se manifiesta la morfología mesoscópica del autoensamblado (esferulítica, globular, dendrítica, etc.) y la nanoestructura donde se advierte el grado de separación de fases y morfología de las mismas.

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización morfológica de distintos PUs sintetizados con distinta estructura macromolecular, y la comprensión de la influencia de la misma en los procesos de deformación. La evolución morfológica se ha estudiado mediante dis-



B. Fernández-d'Arlas



M. A. Corcuera



A. Eceiza

Grupo “Materiales+Tecnologías” (GMT)
Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente
Escuela Politécnica de San Sebastián, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Plaza Europa 1, 20018, Donostia-San Sebastián, España
C-e: borja.fernandezdarlas@ehu.es
marian.corcuera@ehu.es
arantxa.eceiza@ehu.es

Recibido: 05/03/2015. Aceptado: 23/03/2015.

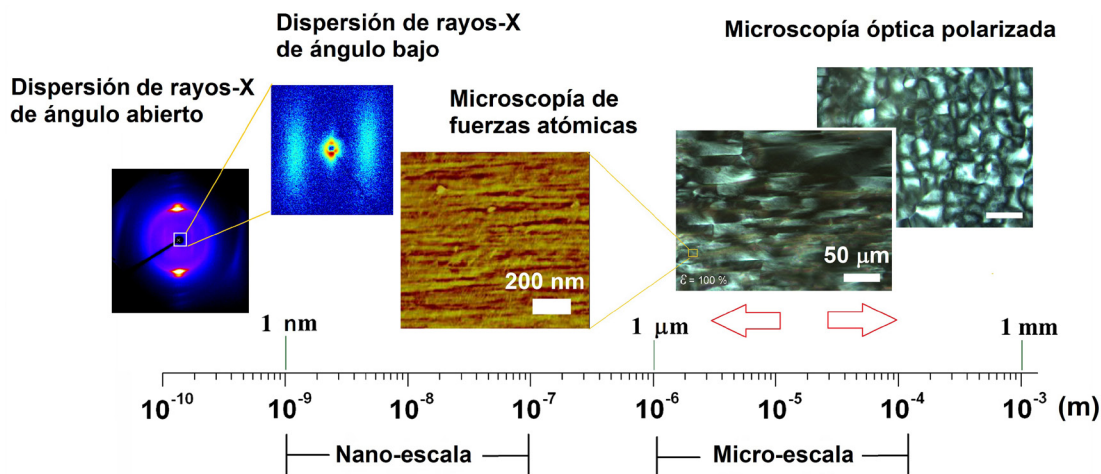
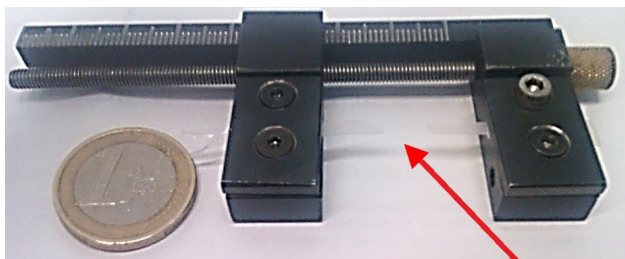


Figura 1. Algunas técnicas de caracterización estructural de polímeros bajo deformación uniaxial empleadas para la determinación de la morfología en distintas escalas. En la imagen se presenta los resultados de análisis obtenidos mediante distintas técnicas para un PU sintetizado con elevado porcentaje de un poliéster altamente cristalino

tintas técnicas para lo cual se ha diseñado un sencillo dispositivo de deformación uniaxial de películas delgadas y su caracterización *in-situ* mediante distintas técnicas (Figura 2). Se discuten metodologías de caracterización morfológica en diferentes escala tales como Microscopía óptica polarizada (MOP), Microscopía de fuerzas atómicas (AFM), Espectroscopía infrarroja (IR) de transformada de Fourier, Calorimetría diferencial de barrido (DSC), Análisis de birrefringencia láser (ABL) o Dispersión de rayos-X (DRX).



Muestras

Figura 2. Dispositivo empleado para la deformación y caracterización *in-situ* de los PUs mediante distintas técnicas instrumentales de análisis

MICROSCOPÍA ÓPTICA POLARIZADA

Mediante MOP es posible determinar si un material es semicristalino debido al fenómeno de birrefringencia, en el que los cristales poliméricos son capaces de dispersar la luz variando el plano de polarización impuesto por el primer polarizador. Es por ello que esta técnica resulta de interés en la caracterización estructural de polímeros que tengan cierta cristalinidad y estructuras cristalinas del orden micrométrico, tales como esferulitas.

En la Figura 3 se muestran las micrográficas de dos PUs sintetizados con un polioli cristalino y distinta proporción de segmentos amorfos semiflexibles formados por 1,6-hexametileno diisocianato (HDI) y N-metil-dietanol

amina (MDEA). Los segmentos uretánicos, HDI-MDEA, son amorfos, con temperatura de transición vítrea subambiente ($T_{vit} = -20\text{ °C}$) y semiflexible, con un módulo elástico muy inferior al que presentan los segmentos uretánicos convencionales.^[2] Estas propiedades se atribuyen al elevado volumen libre generado por los grupos metilo en los segmentos con MDEA. El polioli es un poliéster derivado del ácido sebácico polimerizado con butanodiol (BD), y altamente cristalino con una temperatura de fusión en torno a 50 °C .^[1,13]

En la Figura 3a se muestra la estructura química de los copolímeros de PU estudiados. En la Figura 3b se muestra un esquema y la morfología observada mediante MOP de transmisión de un PU con baja proporción de segmento semiflexible y amorfo. En la Figura 3c se muestra el esquema de la microestructura y la morfología observada de un PU con una proporción de 40 % en masa de segmento semiflexible. Se aprecia que el PU con 12 % en masa de segmento semiflexible presenta gran número de esferulitas muy pequeñas, de tamaño inferior a 1 mm. La deformación de este material provoca un aumento de la transparencia, apreciada macroscópicamente,^[13] y como puede observarse el material deformado presenta iridiscencia típica de materiales altamente orientados, observada bajo luz polarizada, debida a la fragmentación y orientación parcial de las lamelas y a la orientación macromolecular. El mayor tamaño de esferulitas en el PU con 40 % en masa de segmento semiflexible se explica por el distanciamiento de los núcleos de cristalización, lo cual permite un mayor crecimiento esferulítico. A pesar del mayor tamaño de las esferulitas, este PU presenta menor entalpía de fusión ($59\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$) que el PU con 12 % en masa de segmento semiflexible ($79\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$). En el PU con 40 % en masa de segmento semiflexible deformado, se sigue observando la estructura esferulítica del material. Conviene mencionar que pese a que el PU con 40 % en masa de segmento amorfo presenta menor cristalinidad, debido a su mayor densidad en donores (N-H) y aceptores (C=O) de puentes de hidrógeno, por lo cual el material orientado presenta una mayor

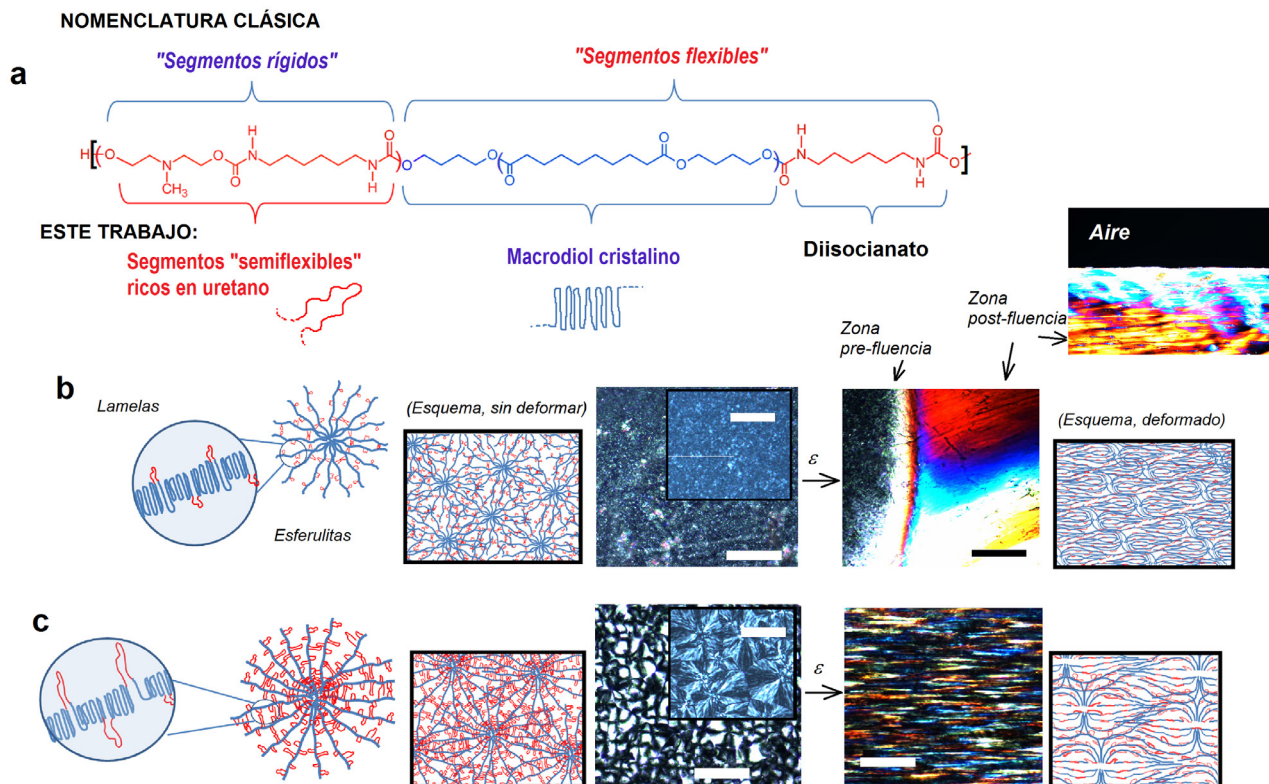


Figura 3. Estudio mediante MOP de transmisión de dos PUs con distinta relación de poliál cristalino. *a)* Estructura general de los PUs indicando los constituyentes de cada bloque y nomenclatura en relación con los PU tradicionales. *b)* Modelo de asociación y estructura de un PU sin deformar y deformado, con 12 % en masa de "segmento semiflexible" observada en el microscopio. Se muestra además una imagen de otra región del borde del mismo material donde se aprecia la birrefringencia e iridiscencia del material deformado en contraste con el aire. *c)* Modelo de asociación y estructura de un PU sin deformar y deformado, con 40 % en masa de "segmento semiflexible" observada en el microscopio. Las escalas de las imágenes corresponde a 50 μm . La escala en los insertos es de 20 μm

tensión de fluencia y resiliencia que el PU con 12 % en masa de segmentos semiflexibles.^[13] Esto demuestra que la cristalinidad no es el único factor determinante de las propiedades mecánicas, ya que algunos materiales altamente cristalinos pueden presentar baja cohesividad (por ejemplo los cristales de los segmentos de este poliéster, con bajas T_{fus}), mientras que ciertos materiales más amorfos pueden presentar alta cohesividad debida al alto grado de asociación intermolecular.

En contraposición a los PU mostrados en las Figuras 3a-c, en la Figura 4 se muestra un PU formado por segmentos amorfos, en estado vítreo y flexible. Este PU no presenta cristalinidad y por lo tanto la birrefringencia es prácticamente inexistente y la diferenciación entre dominios cristalinos y amorfos es inapreciable. Bajo deformación no se aprecia ningún tipo de morfología debido a la ausencia de cristalinidad inducida por deformación y tampoco se observan estructuras fibrilares ni iridiscencia.

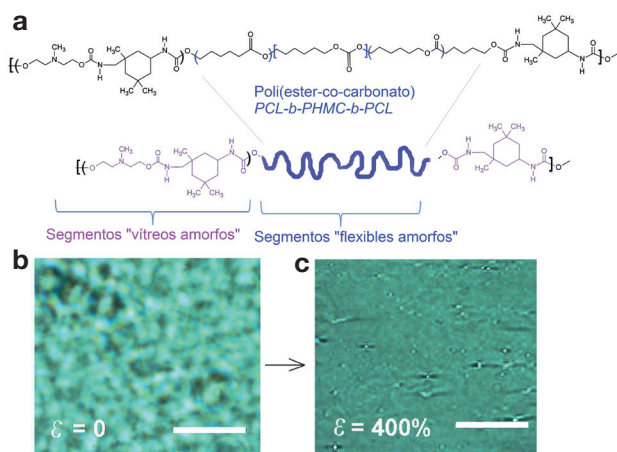


Figura 4. Poliuretano amorfo observado mediante MOP. *a)* Estructura química del PU estudiado. Micrografía del PU *b)* sin deformar y *c)* deformado. La escala es de 40 μm

MICROSCOPIA DE FUERZAS ATÓMICAS

La microscopía de fuerzas atómicas (AFM) puede utilizarse en el estudio de variaciones morfológicas inducidas por la deformación y comprendidas en un amplio rango de escala, desde la microescala hasta la nanoescala.

Deformación esferulítica

Mediante barridos de alto rango (de hasta 100 μm) pueden observarse cambios morfológicos que tienen lugar en la microescala, como la evolución con la deformación de la estructura esferulítica. La Figura 5 muestra imágenes topográficas de 40 μm x 40 μm de un PU semicristalino con segmentos uretánicos formados por 4,4'-difeníl

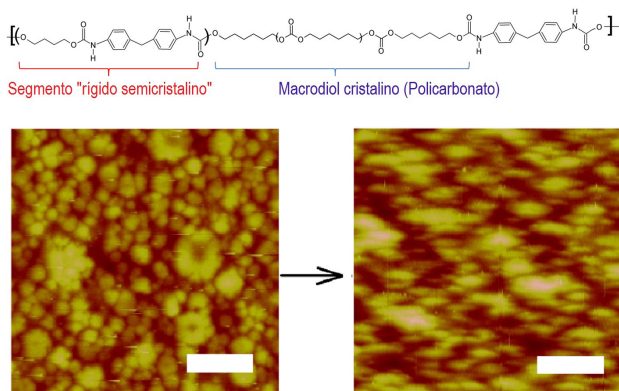


Figura 5. Evolución de la estructura esferulítica de un PU con segmentos uretánicos y polioli altamente cristalino, deformado hasta 400%. La escala corresponde a 10 μm

metano diisocianato (MDI) y butanodiol (BD), de moderada cristalinidad, y segmentos correspondientes a un polioli de alto grado de cristalinidad. Se observa que las esferulitas se achatan en dirección perpendicular al esfuerzo y se alargan en dirección paralela al esfuerzo. Este fenómeno se debe tanto a la fuerza de compresión de Poisson, transversal a la deformación, como a la tensión ejercida por las cadenas macromoleculares que interconectan las esferulitas y transmiten la tensión a través del material.

La combinación de esta técnica con otras, tales como la difracción de rayos X, puede ofrecer información del proceso de deformación, en el que la variación morfológica se da desde el nivel esferulítico hasta el macromolecular.

Influencia de la estructura del segmento uretánico en la cristalización del polioli inducida por deformación

La microscopía de fuerzas atómicas se ha utilizado para el estudio comparativo de la evolución morfológica de dos PU sintetizados con el mismo polioli cristalino y con el mismo extendedor de cadena (MDEA) pero con distinto diisocianato como parte de los segmentos uretánicos (Figura 6). El polioli empleado es un poliéster altamente cristalino basado en ácido sebácico polimerizado con butanodiol, mostrado en la Figura 3a. Los segmentos uretánicos están formados por MDEA y diisocianato de isoforona (IPDI), que forman bloques vítreos amorfos ($T_{\text{vit}} > T_{\text{amb}}$) de IPDI-MDEA, o 1,6 hexametileno diisocianato (HDI) y MDEA que forman segmentos semiflexibles ($T_{\text{vit}} < T_{\text{amb}}$). En la Figura 6 se muestran imágenes de la morfología de los dos PU deformados hasta 600%. Se aprecia que el PU con segmentos IPDI-MDEA, amorfos y vítreos, no presenta una apreciable estructura lamelar-fibrilar en comparación con el PU con segmentos semiflexibles HDI-MDEA. Las unidades de IPDI-MDEA, con una alta barrera conformacional, como se esquematiza en la Figura 6 mediante modelos moleculares, no favorece la orientación lamelar en dirección de la carga.^[1] Evidencias de esta hipótesis también han sido obtenidas mediante espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier, como se comentará más adelante. En estudios llevados a cabo a distintas deformaciones, se ha observado que las lame-

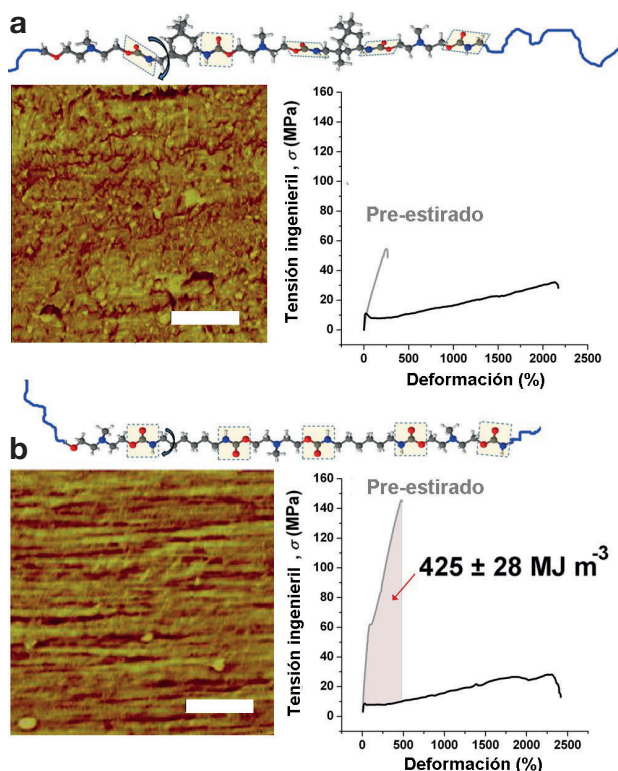


Figura 6. Morfología de PUs deformados a 600%. Imágenes de microscopía de fuerzas atómicas (escalas de 200 nm), esquemas de las estructuras químicas los segmentos uretánicos y curvas de tensión-deformación antes y tras el pre-estirado de PUs con segmentos uretánicos de a) IPDI-MDEA y b) HDI-MDEA

las fibrilares de la Figura 6b disminuyen de diámetro al aumentar la deformación. Esta observación sugiere que las cadenas que constituyen las lamelas se disocian para orientarse en la dirección de la carga. La alta orientación lamelar y macromolecular, y la cristalización inducida por deformación del polioli y de las unidades HDI-MDEA, son responsables de las diferencias en las propiedades mecánicas de los PU pre-estirados.^[1] El PU con HDI-MDEA evoluciona a un material de mayor módulo elástico (98 MPa) que el IPDI-MDEA (45 MPa), y mucho más resistente (147 frente a 45 MPa). Este hecho se atribuye a la mayor cohesividad y capacidad de transferencia de carga de las lamelas y cadenas orientadas del PU con HDI, lo cual da lugar a una tenacidad elevada de 425 $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$.^[1]

Orientación de segmentos uretánicos rígidos

Los PU segmentados cuyos segmentos uretánicos son rígidos, con $T_{\text{amb}} < T_{\text{vit}} < T_{\text{fus}}$ y bien separados en fases respecto al polioli o fase flexible, pueden caracterizarse mediante microscopía de fuerzas atómicas, ya que muestran una distinta respuesta mecánica a la punta oscilante y voladizo del microscopio. Debido a que su dimensión oscila entre 10-100 nm, pueden distinguirse en imágenes de fases de bajo rango (normalmente con barridos inferiores a 1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$), en las que se pueden distinguir los dominios uretánicos rígidos de la fase flexible.^[14,15,16]

La Figura 7 muestra las imágenes de fase de un PU con segmentos altamente cristalinos formados por HDI y BD, HDI-BD, y el polioli de alta cristalinidad, mostrado en la Figura 5. Mediante el análisis morfológico llevado a cabo *in-situ*, puede observarse que mientras las lamelas del material sin orientar se encuentran dispuestas al azar, cuando el material es sometido a una alta deformación, las lamelas se orientan preferentemente en dirección de la carga. Este resultado, en combinación con datos de difracción de ángulo abierto (WAXS),^[17] sugiere que las lamelas o dominios de este PU son de naturaleza *fibrilar*, es decir forman lamelas cuyas macromoléculas están orientadas paralelamente con el eje de las mismas, en contraposición a las lamelas o dominios *lamelares*, cuyas macromoléculas se orientan perpendicularmente al eje de la lamela.^[18] En la Figura 7 se ha incluido una representación esquemática del concepto de dominio fibrilar o lamelar. El estirado de materiales con dominios fibrilares conduce a una orientación más eficiente, ya que el torque macromolecular coincide con el torque proporcionado por el medio continuo.

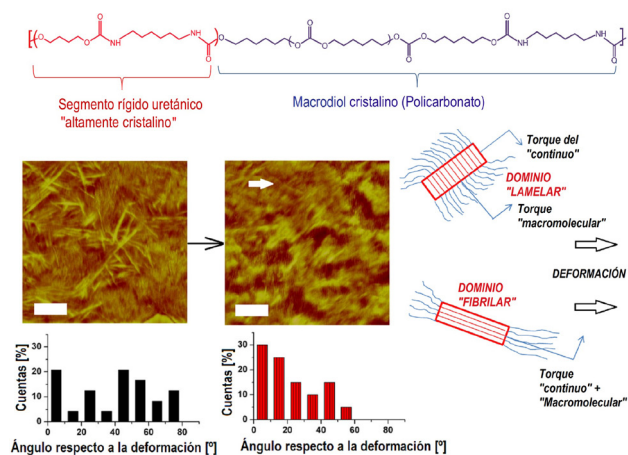


Figura 7. Estructura química del PU cristalino considerado en el estudio de la evolución de la nanoestructura. A la izquierda imagen de fases del material sin deformar y a la derecha imagen de fases del PU deformado. La escala corresponde a 200 nm. Debajo de cada imagen se muestra la distribución estadística de la orientación de los dominios respecto a la dirección de estirado. A la derecha de la figura se muestra un esquema de las dos posibilidades principales de formación de lamelas, "lamelares" (arriba) o "fibrilares" (abajo)

ESPECTROSCOPIA INFRARROJA

La evolución morfológica inducida por la deformación provoca variaciones en el entorno químico de algunos grupos funcionales de las macromoléculas, y puede detectarse como desplazamiento de picos en la espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier. Estas variaciones pueden deberse a distintas razones, tales como variación del grado de asociación por puentes de hidrógeno,^[19] variación de cristalinidad o a la variación del estado de tensión de un enlace sometido a un esfuerzo mecánico,^[20] entre otros.

En la Figura 8 se muestran los resultados obtenidos mediante IR, del estudio *in-situ* de la morfología de dos PU con distintos segmentos uretánicos sometidos a distintos grados de deformación. En las Figuras 8a,b se muestran las estructuras de los segmentos uretánicos de estos

PU. En la Figura 8c se muestra la región del espectro de IR correspondiente a la vibración de tensión N-H, presente en el grupo uretano del segmento cuya estructura se muestra en la Figura 8a, al ser sometido a distintos grados de deformación. En la Figura 8d se muestra la misma región del espectro para el PU con la estructura uretánica mostrada en la Figura 8b y sometido a distintas deformaciones. La variación del espectro es más acusada para el PU con la estructura de la Figura 8a. Esta observación puede relacionarse con la mayor barrera conformacional de los segmentos mostrados en la Figura 8b, que disminuyen la probabilidad de cambios conformacionales que provoquen variaciones en el entorno químico de los grupos N-H (Figura 8e).

Otra diferencia observada entre los dos PU estudiados es la variación de la frecuencia de absorción de la banda multimodal flexión N-H + tensión N-C, y la banda C-H. Las Figuras 8f,g muestran la evolución de las frecuencias como consecuencia de los cambios conformacionales y morfológicos con la deformación, vinculados con los distintos grupos funcionales de las unidades uretánicas.^[11]

Otra posibilidad que ofrece la técnica IR aplicada al estudio de la estructura durante la deformación es la posibilidad de asignar funciones de orientación a grupos funcionales independientes, mediante el análisis dicróico de su absorción, y comprender los mecanismos de orientación y grado de participación de cada grupo funcional en la evolución morfológica.^[21,22]

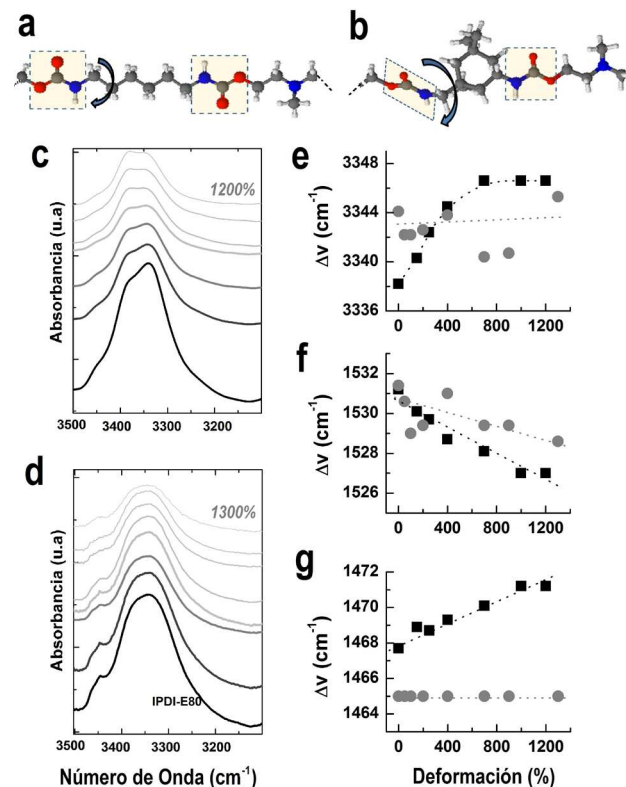


Figura 8. Evolución estructural de dos PU mediante IR. Estructura química de los segmentos ricos en uretano, a) PU con HDI y b) PU con IPDI. Región IR de tensión de N-H de c) PU con HDI y d) PU con IPDI. Variación de la frecuencia de absorción para los PU con HDI (cuadros) e IPDI (círculos) en las regiones de e) vibración N-H asociada, f) flexión N-H + tensión N-C y g) flexión C-H

CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO

La calorimetría diferencial de barrido (DSC) permite estudiar la evolución morfológica asociada a la deformación irreversible (plástica) de ciertos polímeros como algunos PUs, sometidos a una deformación mecánica. Mediante el análisis de las variaciones en las transiciones térmicas como la vítrea, T_{vit} , o de fusión de estructuras cristalinas, T_{fus} , se obtiene información complementaria sobre los procesos asociados a la evolución morfológica durante la deformación de materiales poliméricos. La evolución de los termogramas con la deformación, depende tanto de la naturaleza de los bloques constituyentes, como de las distintas interacciones intermoleculares entre los bloques y macromoléculas constituyentes. Además de la estructura química de los bloques, la proporción de los mismos, condiciona la morfología inicial, lo cual se ve reflejado en el tipo de termograma y su evolución con la deformación. Este análisis mediante DSC se suele llevar a cabo con pequeñas muestras representativas sometidas a distintas deformaciones.

La Figura 9 muestra la evolución de los termogramas de cuatro PUs constituidos por bloques macromoleculares diferentes, sometidos a distintos grados de deformación uniaxial desde 0 hasta 700%. Los PUs estudiados presentan distinto grado de cristalinidad y asociación por puentes de hidrógeno. En la Figura 9a se muestra la evolución del termograma con la deformación de un PU formado por segmentos semicristalinos MDI-BD como fase uretánica y bloques de poliéster-*co*-policarbonato flexibles, cuya estructura se muestra en la Figura 4. La deformación no conduce a cambios morfológicos irreversibles notables, a excepción de un ligero aumento en la endoterma de fusión asociada con los cristales más imperfectos de MDI-BD, capaces de re-orientarse y re-ordenarse con la deformación. Los bloques del poliéster-*co*-policarbonato no sufren cristalización inducida por deformación, y tienden a recuperar su conformación de mayor volumen libre, debido a la movilidad de la fase flexible con una $T_{vit} < T_{amb}$. El PU analizado en la Figura 9b está compuesto por el mismo bloque uretánico que el caracterizado en la Figura 9a, y un bloque cristalino ($T_{fus} > T_{amb}$) de policarbonato (como el mostrado en las Figuras 5 y 7) responsable de la cristalización inducida por deformación, como se observa en el aumento de la endoterma en torno a 50 °C. De la misma manera, en el PU considerado en la Figura 9c, compuesto por bloques cristalinos de policarbonato y bloques uretánicos de HDI-BD altamente cristalinos, se observa un aumento de la endoterma correspondiente a la cristalización de los bloques de policarbonato con la deformación. La Figura 9d muestra la evolución de los termogramas de un poliuretano no convencional, con alta densidad de grupos uretano, compuesto por segmentos rígidos cristalinos basados en HDI-BD (como los mostrados en la Figura 7) y segmentos semiflexibles basados en HDI-MDEA (mostrados en las Figuras 3 y 6). Los segmentos semiflexibles HDI-MDEA tienen una alta densidad de uretano. Las unidades donoras (N-H) yceptoras (C=O) de puentes de hidrógeno se encuentran alrededor de 8 enlaces de distancia para este PU, mientras que en el

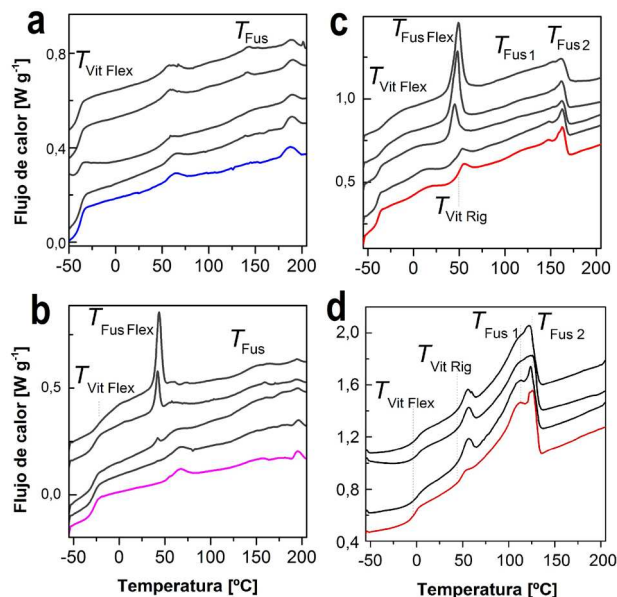


Figura 9. Evolución de los termogramas obtenidos mediante DSC de distintos PUs sometidos a deformaciones comprendidas en el rango de 0-700%. a) $-(\text{MDI-BD})_2\text{-MDI-(Poliéster-}co\text{-policarbonato)}_n-$, b) $-(\text{MDI-BD})_2\text{-MDI-(policarbonato)}_n-$, c) $-(\text{HDI-BD})_2\text{-HDI-(Policarbonato)}_n-$ y d) $-(\text{HDI-BD})_2\text{-(HDI-MDEA)}_n$. La deformación en cada gráfico aumenta de abajo hacia arriba

PU con bloques de policarbonato la distancia llega a ser del orden de ~ 140 enlaces (n° enlaces entre extremos de la unidad repetitiva \times masa molecular polioliol/masa unidad repetitiva). La elevada tendencia a la asociación por puentes de hidrógeno puede ser responsable parcial de la alta temperatura de transición vítrea de este PU, en comparación con el estudiado en la Figura 9c. Este PU, por ello, presenta una alta cohesividad, como se refleja en su alta energía de fusión ($60,1 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$), en comparación con el PU considerado en la Figura 9c ($31,0 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$), con menor densidad de grupos uretano. La deformación induce un pequeño cambio morfológico, reflejado en la transición de ~ 50 °C, relacionada con los segmentos amorfos de HDI, que probablemente, desarrollan un exceso entálpico con la deformación. Los cambios en este PU no son tan intensos como los de los PUs de las Figuras 9b y 9c. Esto puede atribuirse al mayor grado de inter-asociación por puentes de hidrógeno del PU de partida,^[2,10] que dificulta un proceso de cristalización inducida por deformación.

TRANSPARENCIA LÁSER

El estudio de la intensidad transmitida de una fuente láser monocromática, a través de una película de polímero sometido a una deformación, puede ayudar a comprender el grado de orientación macromolecular alcanzado para un material determinado. Comparando la intensidad de la luz transmitida por la muestra situada entre dos polarizadores paralelos, $\langle I_p \rangle$, con la intensidad transmitida cuando los polarizadores están cruzados, $\langle I_c \rangle$, es posible estimar el grado de anisotropía inducida en el proceso de deformación. En la Figura 10a se muestra un esquema del montaje de medida. En las Figuras 10b,c se recogen los resultados del análisis de transparencia láser (polarizadores

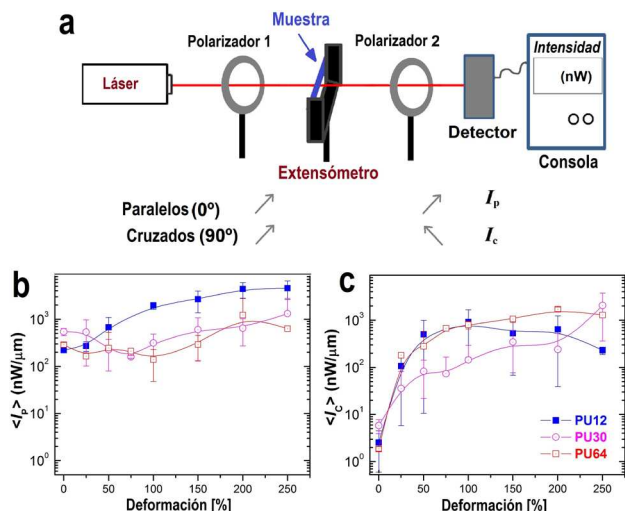


Figura 10. Evolución de la intensidad láser transmitida en función de la deformación de tres PUs con diferente contenido de unidades HDI-MDEA; PU12, PU30 y PU64 con 12, 30 y 64 % en masa, respectivamente. a) Esquema del montaje empleado en el estudio. Evolución de la intensidad de la luz láser transmitida con la deformación con polarizadores dispuestos b) paralelamente y c) cruzados

paralelos, Figura 10b; y polarizadores cruzados, Figura 10c) para tres PUs con distinta proporción de segmentos semiflexibles HDI-MDEA, como fase uretánica, y el polioli cristalino mostrado en la Figura 3. En todos los casos se observa un aumento de la transparencia tras la fluencia (25-35% de deformación). Este aumento puede estar relacionado con la fragmentación de dominios lamelares en unidades más pequeñas incapaces de dispersar la luz tan intensamente. El aumento de la transparencia e iridiscencia observado en la muestra con menor proporción de HDI-MDEA ya ha sido comentado en la Figura 3b. El incremento de la transparencia láser con la deformación es mucho más acusado cuando la muestra se analiza bajo polarizadores cruzados, donde el aumento de intensidad transmitida con la deformación es del orden de dos órdenes de magnitud superior. Este aumento puede atribuirse a la evolución de la morfología hacia una estructura lamelar y macromolecular de tipo “gradilla” semejante a la mostrada en la Figura 6b, donde tanto las lamelas como las macromoléculas orientadas son capaces de dispersar la luz en planos distintos al de polarización de la luz, aumentando considerablemente la intensidad de luz detectada por el fotómetro. Estos resultados sugieren que mientras la transparencia está gobernada por el tamaño de las entidades dispersoras de luz, y aumenta ligeramente con la deformación, la birrefringencia provocada por la anisotropía tiene una fuerte dependencia de la deformación.

DISPERSIÓN DE RAYOS-X

Desde las pioneras investigaciones de Bonart^[23] varios autores han estudiado diferentes sistemas de PU mediante dispersión de Rayos-X de bajo ángulo (SAXS) y alto ángulo (WAXS). Bonart comparó mediante dispersión de

Rayos-X la morfología de dos PUs basados en MDI sintetizados con etilendiamina (ED) o hidracina, como extendedores de cadena. Observó diferencias en el espaciado interplanar, $\langle d \rangle$, asociándolo a distancias entre dominios rígidos. También observó patrones bidimensionales de dispersión anisotrópicos tras el estiramiento, lo cual se atribuye a la orientación macromolecular en dirección de la deformación. Más recientemente Yeh y col.^[18] han estudiado la morfología de un poli(uretano)urea, basado en MDI y ED, mediante SAXS y WAXS de radiación sincrotrón, concluyendo que los dominios rígidos MDI-ED, forman lamelas largas (o *dominios lamelares* según los esquemas de la Figura 7) con el eje de la lamela perpendicular a la orientación macromolecular. Estos autores también destacan que los sistemas formados con segmentos rígidos con mayor grado de polimerización, podrían formar dominios rígidos fibrilares con lamelas dispuestas paralelamente a la orientación macromolecular.

Walezko y col.,^[24] utilizando WAXS y SAXS, han estudiado la evolución morfológica de distintos PUs con segmentos rígidos basados en HDI-BD. La Figura 11 muestra esquematizado un ejemplo de un experimento de dispersión de rayos-X de un PU con polioli cristalino,^[13] en el que la deformación vertical desarrolla preferentemente dispersión ecuatorial en ángulos altos y meridional en ángulos bajos. Esta relación de patrones es común en polímeros semicristalinos orientados, tales como el polietileno,^[25,26] fibras de polipropileno,^[27] poliésteres,^[28] poli(fluoruro de vinilideno),^[29] copolímeros de poliamida-tetrametilen éter,^[30] poliuretanos^[13] y poliureas^[18] con fases cristalizables, o incluso biopolímeros como las sedas.^[31,32] La terminología de dispersión “ecuatorial” o “meridional” toma como referencia casos en los que la deformación es vertical. Por ello, en algunos montajes experimentales en los que la deformación es horizontal, se sigue empleando el término “dispersión ecuatorial” cuando la dispersión se acumula en el eje vertical. De esta manera dispersión ecuatorial o meridional son aquellas que se concentran en ángulos de 90° o 0°, respectivamente, respecto a la dirección de deformación. En el ejemplo esquematizado en la Figura 11, se observa que el PU considerado (de estructura similar a la mostrada en la Figura 3a), desarrolla a altas deformaciones dispersión predominantemente ecuatorial en ángulos altos y meridional en ángulos bajos. La dispersión ecuatorial en ángulos altos se relaciona con la orientación macromolecular en la dirección de la cizalla, mientras que la dispersión meridional a ángulos bajos se atribuye a la dispersión generada por los dominios cristalinos de las lamelas orientadas y fracturadas, tal y como se esquematiza en el círculo aclaratorio de la Figura 11. Aunque en la Figura 11 se muestra la situación generalizada (dispersión ecuatorial a ángulos altos y meridional en ángulos bajos), no es la única posible. De hecho en la misma Figura 11 se puede apreciar que también existe dispersión meridional en ángulos azimutales bajos. Este tipo de dispersión se puede relacionar con la generada por las *lamelas largas* o *dominios lamelares* (indicadas con “c” y “d”), que se encuentran orientadas por el torque proporcionado por la cizalla del medio continuo o fase flexible. Especialmen-

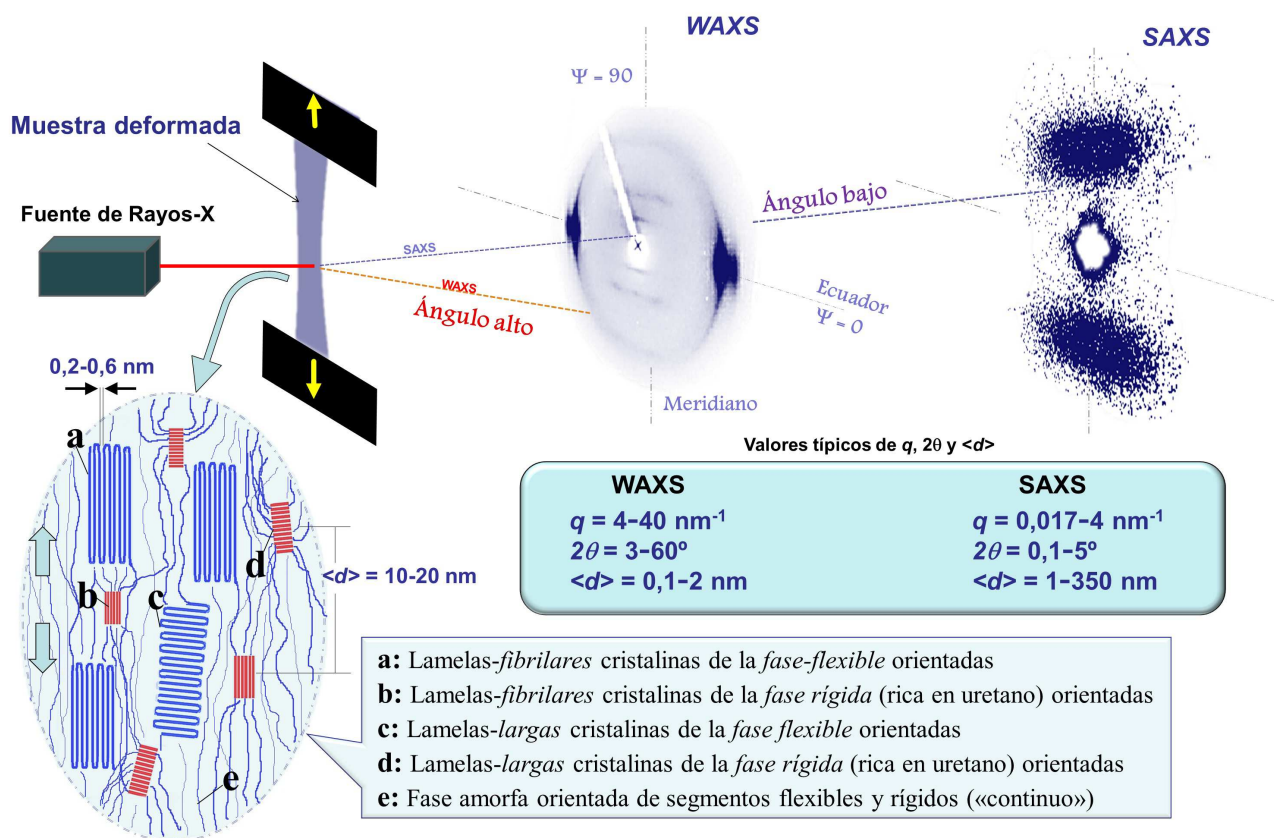


Figura 11. Esquema representativo de un ensayo de dispersión de rayos-X y detección de la dispersión a ángulos altos y bajos. Se indican las posibles morfologías de las entidades dispersoras más usuales encontrados en sistemas poliméricos tales como los PUs semicristalinos, así como el rango de estudio de las técnicas de análisis de ángulo alto (WAXS) y ángulo bajo (SAXS)

te a bajas deformaciones, también existen casos en los que el patrón de difracción a ángulos bajos puede no ser meridional, como en los casos de formación de lamelas fracturadas dispuestas escalonadamente o inclinadas respecto a la dirección de deformación, las cuales generalmente generan dispersión concentrada en cuatro puntos a ángulos inferiores a 90° .^[18]

En la Figura 12 se muestra la evolución con la deformación del patrón de difracción obtenido en la línea de difracción no cristalina (BL11-NCD) del Síncrotrón ALBA. La serie de difractogramas corresponde a la dispersión a ángulos bajos (SAXS) de un PU con alta densidad de puentes de hidrógeno, con una estructura $[\text{HDI-BD}]_1\text{-(HDI-MDEA)}_3$, deformado por encima de su punto de fluencia ($\sim 50\%$). Se aprecia claramente la evolución de patrón desde un anillo (disposición isotrópica de las lamelas), hasta un patrón de 4 puntos típico de lamelas fracturadas y dispuestas escalonadamente. A partir de la fluencia, en el rango de deformaciones estudiado, disminuye la intensidad en la dirección de la deformación como consecuencia de la orientación de la población de lamelas, y cuya orientación proporciona este tipo de dispersión en el caso isotrópico (no deformado). La Figura 12 también muestra la curva tensión-deformación del PU considerado, y a ambos lados una sección del patrón de difracción a ángulos abiertos de la muestra sin deformar

(izquierda) y deformado (derecha). Se observa que tras la deformación hasta el 100% la intensidad de la dispersión se hace más notorio en regiones meridionales (perpendiculares a la deformación, en este caso horizontal). Esto indica una orientación macromolecular parcial en la dirección de cizalla.

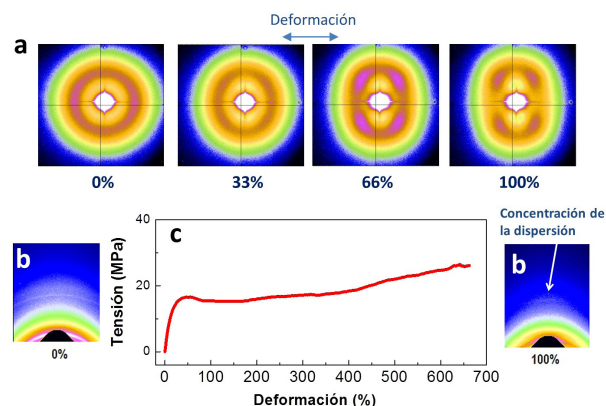


Figura 12. Evolución del patrón de difracción de rayos X con la deformación de un PU con alta densidad de puentes de hidrógeno. a) Patrón de difracción de bajo ángulo hasta deformaciones superiores al 100%. b) Patrón de difracción de ángulo alto del poliuretano sin deformar y deformado hasta 100%. c) Curva tensión-deformación del poliuretano considerado. (La deformación es horizontal)

CONCLUSIONES

La evolución de la morfología con la deformación de polímeros semicristalinos como algunos poliuretanos, puede ser monitorizada mediante distintas técnicas experimentales. Cada técnica ofrece información morfológica en un rango de escala dimensional, por lo que el empleo combinado de varias técnicas complementa la información obtenida ampliando la perspectiva de los procesos macromoleculares y supramoleculares que intervienen en los procesos de deformación. La naturaleza de los bloques macromoleculares que forman los polímeros, determina notablemente la evolución de los parámetros asociados a la morfología observados en cada técnica experimental. Esto puede ser debido a la diferencia entre las morfologías de partida o a las diferencias de los procesos de deformación como consecuencia de la distinta estructura química de los constituyentes macromoleculares.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Gobierno Vasco en el marco del Grupo Consolidado IT-776-13 y al Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España (MAT2013-4376R) por su financiación. También agradecen a la unidad SGIker "Macroconducta-Mesoestructura Nanotecnología" de la UPV/EHU por su apoyo técnico, así como a la doctora Raquel Fernández por su ayuda con los experimentos de transparencia láser y al personal de la Línea de Difracción No Cristalina (BL11-NCD) del Sincrotrón ALBA (Cerdanyola del Vallés).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Fernández-d'Arlas, J. Ramos, A. Saralegi, M. Corcuera, I. Mondragon, A. Eceiza. *Macromolecules* **2012**, *45*, 3436-3443.
- [2] B. Fernández-d'Arlas, I. González, A. Eceiza. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, **2015**, *35*, 39-48.
- [3] J. Pérez-Rigueiro, M. Elices, J. Antón, G. Guinea. *Anales de Mecánica de la Fractura* **2003**, *20*, 421-425.
- [4] T. Blackledge, C. Hayashi. *Journal of Experimental Biology* **2006**, *209*, 3131-3140.
- [5] A. Simmons, C. Michael, L. Jelinski. *Science* **1996**, *271*, 84-87.
- [6] M. Elices, G. Guinea, G. Plaza, C. Karatzas, C. Riekkel, F. Agulló-Rueda, R. Daza, J. Pérez-Rigueiro. *Macromolecules* **2011**, *44*, 1166-1176.
- [7] S. Keten, Z. Xu, B. Ihle, M. J. Buehler. *Nature Mat.* **2010**, *9*, 359-367.

- [8] A. Lazaris, S. Arcidiacono, Y. Huang, J. Zhou, F. Duguay, N. Chretien, E. Welsh, J. Soares, C. Karatzas. *Science* **2002**, *447*, 472-476.
- [9] T. Scheibel. *Microb Cell Fact.* **2004**, *3*, 14-24.
- [10] B. Fernández-d'Arlas, A. Eceiza. *Diseño de nuevos poliuretanos inspirados por la estructura macromolecular de la seda de araña*. Congreso internacional de metalurgia y materiales SAM-CONAMET/IBEROMAT/MATERIA, Santa Fe, Argentina (21-14 Octubre, 2014).
- [11] S. Gogolewsky. *Colloid Polym. Sci.* **1989**, *267*, 757-785.
- [12] A. Eceiza, K. de la Caba, G. Kortaberria, N. Gabilondo, C. Marieta, M. Corcuera, and I. Mondragon. *Eur. Polym. J.* **2005**, *41*, 3051-3059.
- [13] B. Fernández-d'Arlas, R. Fernández, J. Runt, A. Eceiza. *J. Appl. Polym. Sci.* **2014**, *132*, 41281-10.
- [14] J. T. Garret, C. A. Siedlecki, J. Runt. *Macromolecules* **2001**, *34*, 7066-7070.
- [15] E. M. Christenson, J. M. Anderson, A. Hiltner, E. Baer. *Polymer* **2005**, *46*, 11744-11754.
- [16] P. Schön, K. Bagdi, K. Molnár, P. Markus, B. Pukánszky, G. J. Vancso. *Eur. Polym. J.* **2011**, *47*, 692-698.
- [17] B. Fernández-d'Arlas, M. Corcuera, J. Runt, A. Eceiza. *Polym. Inter.* **2014**, *63*, 1278-1287.
- [18] F. Yeh, B. Hsiao, B. Sauer, S. Michel, H. Siesler. *Macromolecules* **2003**, *36*, 1940-1954.
- [19] V. Melning, M. Apostu, V. Tura, C. Ciobanu. *J. Membr. Sci.* **2005**, *267*, 58-67.
- [20] P. Papadopoulos, J. Sölter, F. Kremer. *Eur. Phys. J. E* **2007**, *24*, 193-199.
- [21] S. Lin, K. Hwang, S. Tsay, S. Cooper. *Colloid Polym. Sci.* **1985**, *263*, 128-140.
- [22] F. Carrasquero. *Rev. Iber. Polím.* **2003**, *4*, 48-64.
- [23] R. Bonart. *J. Macromol. Sci. B Physics* **1968**, *2*, 115-138.
- [24] R. Walezko, L. Korley, P. Pate, E. Thomas, P. Hammond. *Macromolecules* **2009**, *42*, 2041-2053.
- [25] A. Romo-Uribe, A. Manzur A, R. Olayo. *J. Mater. Res.* **2012**, *27*, 1351-1359.
- [26] Z. Jiang, Y. Tang, J. Rieger, H. Enderle, D. Lilge, S. Roth, R. Gehrke, Z. Wu, Z. Li, Y. Men. *Polymer* **2009**, *50*, 4101-4111.
- [27] J. Lipp, M. Shuster, G. Feldman, Y. Cohen. *Macromolecules* **2008**, *41*, 136-140.
- [28] H. Koener, J. Kelley, R. Vaia. *Macromolecules* **2008**, *41*, 4709-4716.
- [29] H. Guo, Y. Zhang, F. Xue, Z. Cai, Y. Shang, J. Li, Y. Chen, Z. Wu, S. Jiang. *Cryst. Eng. Comm.* **2013**, *15*, 1597-1606.
- [30] T. Kamal, S. Park, M. Choi, Y. Chan, W. Chuang, U. Jeng. *Polymer* **2012**, *53*, 3360-3367.
- [31] Z. Yang, D. Grubb, L. Jelinski. *Macromolecules* **1997**, *30*, 8254-8261.
- [32] C. Riekkel, F. Vollrath. *Inter. J. Biol. Macromol.* **2001**, *29*, 203-210.

François Joseph Jérôme Nicklès:

1. Cristalografía, isomorfismo, amalgamación y permeabilidad

Jaime Wisniak

Resumen: François Joseph Jérôme Nicklès (1820-1869), químico y farmacéutico francés que realizó una extensa investigación en las áreas de cristalografía, isomorfismo, polimorfismo, electromagnetismo, fisiología, fermentación, teoría del olor y del sabor, flúor y sus derivados, etc. Sus resultados confirmaron que el bismuto pertenece al grupo del nitrógeno, que el ácido propiónico se forma durante la fermentación del ácido tartárico y que el flúor está presente en la mayor parte del organismo. Su trabajo con el flúor y sus derivados causaron su muerte a una temprana edad.

Palabras clave: amalgamación, cristalografía, fermentación, isomorfismo, permeabilidad.

Abstract: François Joseph Jérôme Nicklès (1820-1869), a French chemist and pharmacist, carried on extensive research in the areas of crystallography, isomorphism, polymorphism, electromagnetism, physiology, fermentation, the theory of odor and smell, fluorine and its derivatives, etc. His results confirmed bismuth belongs to the nitrogen group, the formation of propionic acid during the fermentation of tartaric acid, and fluorine is present in most parts of the organism. His work on fluorine and derivatives led to his death at an early age.

Keywords: amalgamation, crystallography, fermentation, isomorphism, permeability.

VIDA Y OBRA [1-4]

François Joseph Jérôme Nicklès (Figura 1) nació en Erstein (Alsacia-Lorena), Francia, el 30 de octubre de 1820, siendo el décimo hijo de una familia de granjeros y como tal recibió una educación incompleta.^[1-4] En 1840, bajo la tutela de su hermano mayor, Napoleón Nicklès, comenzó de aprendiz en la farmacia de Trautmann en Woerth sur Sauer (Alsacia), al mismo tiempo que estudiaba en la École de Pharmacie de Estrasburgo. En 1844 obtuvo el bachillerato en letras y unos meses después su bachillerato en ciencias físicas y el diploma de farmacéutico de primera clase, después de defender su tesis sobre la fermentación del ácido tartárico.^[5]

Con el fin de mejorar sus conocimientos de química permaneció durante un año (1844-1845) en el laboratorio de Justus von Liebig (1803-1883) en Giessen y luego en el laboratorio de Jean-Baptiste André Dumas (1800-1884) en la Sorbona en París. En 1846 fue nombrado preparador jefe de la Escuela de Farmacia de Estrasburgo. En 1852 obtuvo la licenciatura en ciencias físicas y en 1853 el doctorado en la misma disciplina. Ambos títulos le fueron otorgados por la Facultad de Ciencias de París después de defender con éxito dos tesis, una acerca de electroimanes circulares^[6] (Figura 2) y la otra sobre el

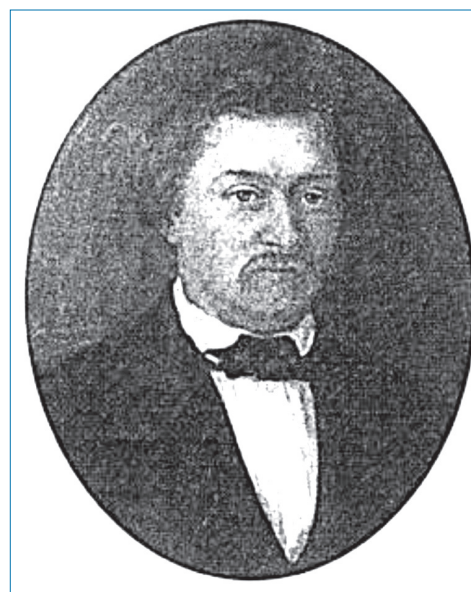


Figura 1. François Joseph Jérôme Nicklès (1821-1869)^[4]

polimorfismo.^[7] En 1854, a la temprana edad de 34 años, fue elegido profesor de química en la Facultad de Ciencias de Nancy, una posición que ocupó hasta su muerte. En 1869 fue ascendido a profesor de primera clase y al mismo tiempo se hizo cargo de la dirección del laboratorio de investigación perteneciente a la Escuela de Estudios Superiores de París.^[1-4]

En 1856, Nicklès se casó con Emma Brandon y tuvieron un único hijo, Toussaint Joseph René (1859-1917), que fue el fundador de la Escuela de Geología en Nancy. Nicklès falleció en Nancy el 3 de abril de 1869; su temprana muerte ha sido atribuida a una exposición excesiva a los vapores de fósforo y de ácido fluorhídrico (HF) durante sus trabajos sobre el flúor.^[1-4]



J. Wisniak

Department of Chemical Engineering,
Ben-Gurion University of the Negev,
Beer-Sheva, Israel 84105.
C-e: wisniak@exchange.bgu.ac.il

Recibido: 02/03/2015. Aceptado: 01/06/2015.

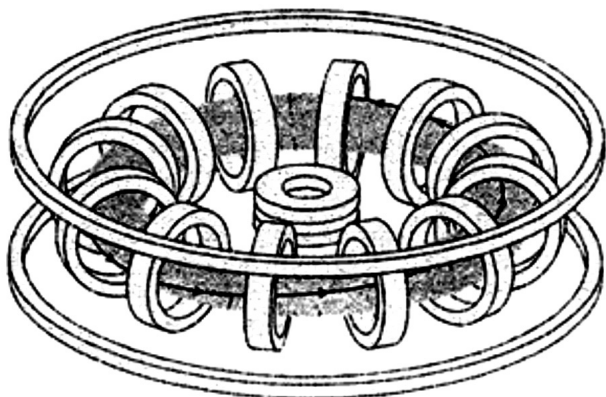


Figura 2. Electroimán circular. Fuente: <http://bit.ly1GOGEA9>

Nicklès fue elegido miembro de la Academia de Stanislas (1855) y de la Academia de Ciencias de Estrasburgo. También fue corresponsal del Ministerio de Educación Pública y caballero de la Legión de Honor (1867).

CONTRIBUCIÓN CIENTÍFICA

Nicklès publicó alrededor de 120 artículos y libros^[5-18] en las áreas de química, química física, metalurgia, física y fisiología. En 1854 publicó una lista con la descripción de sus actividades en investigación.^[18] Aparte de las contribuciones descritas a continuación, Nicklès realizó investigaciones en las áreas de cristalografía,^[19-23] metalurgia,^[24] análisis del agua,^[25,26] llamas,^[9] vino,^[27,28] talio,^[15] materias grasas,^[29] etc.

Fermentación del ácido tartárico

Nicklès escribió que durante la preparación de ácido tartárico ($C_4H_6O_6$) a partir del tártaro crudo, especialmente durante los meses cálidos del verano, se observaba un proceso de fermentación causado por las impurezas presentes que daba como resultado la formación de un ácido que se suponía era ácido acético.^[5] Este proceso había sido notificado por primera vez por Carl Nöllner (1808-1877), quien neutralizó el producto con dióxido de plomo y observó la liberación de dióxido de carbono (CO_2), junto con la formación de bellos cristales con forma de octaedros, que resultaron ser la sal de un ácido nuevo, diferente del ácido acético, al que denominó *ácido pseudo-acético*. Una repetición del experimento usando solo tártaro crudo y sin añadir hidróxido de calcio, produjo solo ácido acético ($C_2H_4O_2$).^[30] Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) supuso que el ácido pseudo-acético de Nöllner's era en realidad una mezcla de ácido acético con ácido butírico ($C_4H_8O_2$).^[31] No obstante, Nicklès comentó que las sales de plomo y de sodio que cristalizaban como octaedros, junto con una sal de magnesio mamelonada que Nöllner había obtenido a partir del ácido, ninguna de ellas estaba presente en las sales correspondientes de los ácidos acético y butírico.

Esta inconsistencia llevó a Nicklès a elegir este problema como tema de su tesis para obtener el título de farmacéutico.^[5] Tuvo la suerte de obtener de Nöllner una muestra del ácido que este había preparado, que usó para confirmar algunos de los resultados de Nöllner. En sus experimentos Nicklès saturó 4 kg de tártaro crudo con hidróxido de calcio, filtró el licor, lo hirvió con yeso y repitió el proceso una vez más. A continuación, mezcló el producto de las dos operaciones y lo expuso "al agradable calor del verano a una temperatura entre 35 y 40°C, y en varias ocasiones a 44°C". La liberación de CO_2 fue muy lenta y tardó seis semanas en obtener una substancia que Nicklès estudió con detalle. Un resultado importante fue que la transformación del ácido tartárico por fermentación parecía producirse de una de estas tres maneras: (1) cuando el ácido estaba libre o se encontraba combinado con potasio (crema de tártaro o ditartrato de potasio) se convertía en ácido acético y CO_2 ; (2) cuando el potasio era reemplazado por el calcio, se producía CO_2 , ácido acético y ácido butírico (ácido pseudo-acético); y (3) en otras situaciones, todavía no claras, el ácido tartárico se convertía en CO_2 , ácido acético y un nuevo ácido que Nicklès llamó ácido *butiro-acético* porque contenía los elementos de ambos ácidos que se sabía se formaban durante la descomposición.^[5,32]

Nicklès dio a conocer una gran cantidad de nuevos hechos respecto al comportamiento de las mezclas de los ácidos acético y butírico. Por ejemplo, el ácido butírico no precipitaba al acetato de plomo mezclado con una pequeña cantidad de ácido acético. Si primero se neutralizaba una mezcla de los ácidos butírico y acético con dióxido de plomo y luego se agregaba un exceso de amoníaco, se notaba la formación de pequeños cristales rosados de butirato, intercalados con una pequeña cantidad de cristales de acetato, que eran solubles en agua y absorbían rápidamente CO_2 del aire. Una mezcla de acetato y butirato de bario era capaz de disolver una gran cantidad de dicloruro de plomo sin formar ningún compuesto definido.^[5,32]

Según Nicklès, la naturaleza de las propiedades del ácido butiro-acético no justificaban considerarlo como una mezcla de los ácidos butírico y acético: (a) se obtenía por descomposición de una sal de plomo que había estado expuesta al aire durante más de dos años, (b) su olor era parecido al de una mezcla de los dos ácidos, pero menos acre, (c) era soluble en agua, alcohol y éter, (d) se le podía obtener puro por descomposición de su sal sódica con ácido fosfórico, (e) hervía alrededor de 140°C, y (f) calentado con ácido sulfúrico se modificaba ligeramente con desprendimiento de SO_2 .^[5,32]

La extracción del ácido crudo con éter producía un líquido que con barita ($PbSO_4$) generaba un compuesto prismático muy soluble en agua, particularmente caliente, y ligeramente soluble en alcohol absoluto. No se alteraba en contacto con aire pero olía como mantequilla rancia. Expuesto a una corriente de aire seco a 100°C perdía un 3,25% de agua; se fundía a 200°C y perdía otro 2,80% de agua. La sal resultante tenía una composición elemental correspondiente a la fórmula $[C_3(H_5Ba)O_2]$. Nicklès dio a conocer la preparación de varias sales del ácido, entre ellas las de potasio y sodio, cinc, calcio, plata, y cobre, y asimismo el producto de la reacción con

alcohol y ácido sulfúrico (este último olía a fruta). Nicklès recalcó que su ácido era isómero con el ácido *metacetónico* obtenido por Johann Gottlieb (1815-1875) a partir de KOH y azúcar.^[5,32-36] Hoy en día sabemos que los ácidos pseudo-acético, butiro-acético y metacetónico son en realidad ácido propiónico ($C_3H_6O_2$). En dos trabajos posteriores Nicklès describió de forma más detallada la preparación, propiedades y características cristalográficas del ácido, su hidrato y sus sales.^[34-36]

Isomorfismo

Nicklès estudió ampliamente los derivados halogenados del bismuto, arsénico y antimonio y eventualmente demostró que los derivados de los tres elementos eran isomorfos y los tres elementos debían ser clasificados juntos con el nitrógeno (Figura 3).^[14,37-44]

En su primera publicación,^[38] Nicklès comentó que las propiedades de los bromuros y yoduros de bismuto eran muy poco conocidas debido a la dificultad de su preparación.

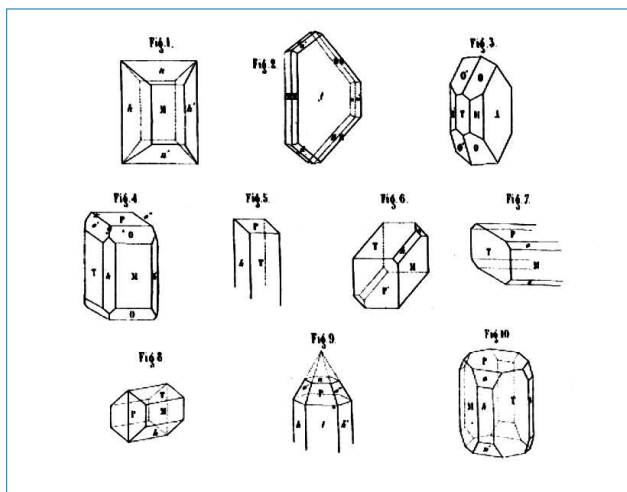


Figura 3. Página del libro de Nicklès sobre isomorfismo.¹⁴ Fuente: gallica.bnf.fr

Los tres elementos se combinaban de forma muy enérgica con el bromo inflamándose y detonando. Nicklès desarrolló un método muy sencillo para sintetizar estos compuestos basado en la reacción del elemento con el bromo o el yodo en presencia de un disolvente que actuaba simultáneamente como disolvente del elemento y del derivado halogenado. De esta forma preparó el bromuro de bismuto(III) añadiendo el elemento pulverizado a una mezcla de volúmenes iguales de éter y bromo, y los bromuros de arsénico(III) o antimonio(III) agregando el elemento pulverizado a una disolución de bromo en disulfuro de carbono (CS_2). Los yoduros de arsénico(III) y antimonio(III) eran muy solubles en CS_2 y cristalizaban a partir de sus disoluciones. Los bromuros de los tres elementos eran muy inestables en presencia de agua y por esta razón si el disolvente contenía un poco de agua el producto era un oxibromuro que precipitaba como un polvo blanco. Esta reacción era muy sensible y como tal

podía ser usada para detectar pequeñas cantidades de agua en ambos disolventes. Los bromuros de bismuto ($BiBr_3$), arsénico ($AsBr_3$), y antimonio ($SbBr_3$) se fundían a una temperatura ligeramente alta y eran muy delicuescentes. El bromuro de bismuto(III) ($BiBr_3$) bajo vacío cristalizaba en forma de prismas delgados parecidos a los del bromuro de arsénico(III) ($AsBr_3$). El bromuro de antimonio(III) ($SbBr_3$) cristalizaba en forma de octaedros romboédricos, modificados a veces por caras terminales. Los yoduros de arsénico(III) y antimonio(III) eran muy solubles en CS_2 y cristalizables a partir de la solución, muy estables en contacto con el aire, e isomorfos, cristalizando como finas láminas rojas, pertenecientes al sistema romboédrico. Nicklès describió de forma detallada la geometría de estos cristales y comentó que no se conocía ninguna sal doble formada por estos yoduros y bromuros, probablemente porque se descomponían en contacto con una disolución saturada con un bromuro o yoduro alcalino. Sin embargo, había sido capaz de preparar tales sales dobles calentando durante un corto período de tiempo una disolución almidarada de los bromuros de bismuto(III) y amonio, seguido de un posterior enfriamiento. La sal doble se depositaba en forma de finas láminas amarillas.^[38]

En un siguiente informe,^[39] Nicklès destacó que había encontrado que el ioduro de bismuto(III) (BiI_3) obtenido directamente en estado cristalino tenía la misma forma cristalina que los yoduros de antimonio(III) y arsénico(III). Por ejemplo, con los yoduros alcalinos formaba sales dobles rojas que cristalizaban de la misma forma que el yoduro de antimonio(III); los correspondientes cristales derivaban de un prisma rómbico, igual que el bromuro doble de amonio ($BiBr_3 \cdot NH_4Br \cdot 12H_2O$). Los yoduros de bismuto(III), antimonio(III) y arsénico(III) tenían una composición, propiedades y funciones parecidas y la misma forma cristalina, en otras palabras, todos los caracteres de cuerpos isomorfos verdaderos. Para Nicklès todos estos hechos eran razones adicionales para ubicar al bismuto en el grupo del nitrógeno, con lo que se encontraba conectado con antimonio, arsénico y fósforo que formaban los pasos intermedios. El bismuto era un semimetal como el telurio; y junto con el antimonio, arsénico y wolframio establecía la transición entre los metaloides y los metales. Además, al igual que los otros elementos, el bismuto no era ni dúctil ni maleable.^[39]

Nicklès logró preparar BiI_3 pasando una corriente de vapor de yodo sobre una mezcla caliente de arena y bismuto en polvo. Los cristales resultantes tenían un hermoso color negro muy brillante, eran solubles descomponiéndose en HCl y álcalis cáusticos. No eran afectados por el agua, CS_2 , éter, alcohol, y alcohol amílico, pero el BiI_3 sí se disolvía en estos disolventes si contenían bromuro de arsénico(III). El yoduro de bismuto(III), a diferencia de los yoduros de arsénico(III) y antimonio(III) se descomponía sin fundir al ser calentado en un tubo abierto, produciendo yodo y un oxyoduro de color rojo anaranjado.^[39]

En una tercera memoria, Nicklès confirmó sus resultados de que los yoduros de bismuto(III) y antimonio(III) eran capaces de formar yoduros dobles con la misma forma y composición, y de cristalizar manteniendo su forma cristalina y el estado de hidratación correspondiente al

yoduro.^[40] Hay que tener en cuenta que en la época de Nicklès, los nombres, fórmulas y composición elemental de los compuestos químicos no sólo eran diferentes de los empleados hoy en día, sino que tampoco existía un acuerdo general sobre la masa atómica de los elementos. Por ejemplo, no se sabía que el hidrógeno era diatómico (la fórmula del agua se escribía OH), y se pensaba que la masa atómica del carbono era alrededor de 7,5.

También comentó que había preparado un gran número de derivados que podían ser clasificados en dos grupos. Al primer grupo pertenecían los compuestos con estructura general $(MI_3 + mI + 4H_2O)$, y $(MI_3 + mI + 2H_2O)$, donde $M = Sb$ o Bi y $m = K, Na, o NH_4$. Estos compuestos se podían preparar tratando el elemento con yodo o bromo en presencia de un exceso de disolución saturada con un yoduro alcalino. Así por ejemplo, el antimonio mezclado con cloruro de amonio, yodo y agua formaba después de unos cuantos días cristales rojos, aparentemente rómbicos, pero derivados de un prima recto de 97° , y que tenían la composición $(SbI_3 + NH_4I + 4H_2O)$. Nicklès también consiguió preparar un yoduro isométrico de composición $[(BiSbI_3) + NH_4I + 4H_2O]$. Igualmente, informó de la preparación y propiedades de los derivados pertenecientes al segundo grupo, por ejemplo, $[BiI_3 + NH_4I + 2H_2O]$, $[(BiI)_3Bi + NH_4I + 2H_2O]$, y $[(BiSb)I_3 + NaI + 2H_2O]$. Todas estas sales dobles se descomponían en presencia de agua o de una solución acuosa no saturada de haluros; las disoluciones de estas sales se enturbiaban en presencia de alcohol. Las sales dobles perdían su agua de hidratación en presencia de ácido sulfúrico o al ser calentadas a $100^\circ C$. Eran muy fáciles de analizar hirviéndolas primero con bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) puro, destruyendo el exceso de bicarbonato con nitrato de calcio, y luego tratando el filtrado con nitrato de plata.^[40]

En otras dos publicaciones, Nicklès informó que los bromuros de bismuto(III), antimonio(III) y arsénico(III) formaban compuestos definidos con éter.^[42,43] De acuerdo con sus resultados los bromuros de antimonio(III) y arsénico(III) se disolvían en éter formando dos fase líquidas; la más pesada y viscosa contenía un complejo del bromuro con el éter. Este sencillo procedimiento no funcionaba con $BiBr_3$. Para obtener el complejo era necesario calentar a $100^\circ C$ en un tubo cerrado la mezcla de éter y bromuro pulverizado. Todos estos compuestos eran insolubles o parcialmente solubles en éter y CS_2 , y solubles en alcohol. Se descomponían en contacto con agua formando alcohol y el oxibromuro. También descomponían a los carbonatos produciendo efervescencia; eran precipitados por sulfuro de hidrógeno (H_2S) seco o disuelto en alcohol, y absorbían amoniaco gaseoso. Calentando el complejo de bromo-antimonio éter se producía una descomposición parcial porque el $SbBr_3$ era más volátil que el bromuro de bismuto.^[42,43]

Nicklès también dio a conocer la preparación de los complejos en éter con los bromuros de una serie de metales adicionales, como aluminio, estaño, cinc, cadmio, hierro, mercurio, plomo, etc.^[42,43]

Nicklès publicó una extensa memoria (75 páginas) describiendo con gran detalle los resultados de todos los

experimentos que había llevado a cabo para demostrar que las relaciones isomorfas entre el bismuto, antimonio y arsénico que justificaban la clasificación del bismuto dentro del grupo del nitrógeno.^[41] Enfatizó en particular el análisis elemental y las características cristalinas de las sales sencillas y dobles (incluyendo una representación gráfica). Esta vez clasificó las sales dobles en tres grupos, de acuerdo con su composición: (1) $MX_3 + 2mX + 5H_2O$, (2) $MX_3 + 2mX + 4H_2O$, y (3) $MX_3 + 2mX + 2H_2O$.^[41] Nicklès comentó que en 1793 Antoine-François Fourcroy (1750-1809) había expresado una opinión parecida^[44] y había usado el hecho de que el antimonio era capaz de producir compuestos gaseosos con el hidrógeno para clasificarlo dentro del grupo del nitrógeno. El que en esos momentos no se conociera ninguna combinación del bismuto con hidrógeno no negaba la posibilidad de su existencia. Este hidruro no sería gaseoso a temperatura ambiente debido al alto valor del equivalente del bismuto. Nicklès volvió a repetir que él ya había demostrado que el bismuto y el antimonio formaban compuestos que tenían la misma composición, funciones y forma cristalina, y que los dos elementos se autoreemplazaban sin cambios sensibles en la forma, constitución y composición general del producto resultante.^[41]

Mercurio

Permeabilidad de los metales al mercurio

Nicklès comentó que varios químicos habían descrito algunos resultados interesantes acerca de la acción del mercurio sobre los metales. Uno particularmente interesante tenía lugar cuando se sumergía en mercurio el extremo corto de un tubo de plomo o estaño doblado en forma de sifón. En esta situación el mercurio fluía dentro del tubo, se movía dentro de él como si fuera un tubo capilar y después goteaba del extremo largo de la misma forma que lo hacía a través de un capilar.^[45] Nicklès comentó que Eben Norton Horsford (1818-1893) (Figura 4) había medido el tiempo requerido por el mercurio para fluir a través de un tubo de determinada longitud, construido con diferentes materiales como estaño, cinc, cadmio, plomo, plata, oro, platino, paladio, hierro, cobre y latón o bronce.^[46] Los resultados indicaron que el cinc y el cadmio se disolvían demasiado rápido para poder observar el fenómeno de permeabilidad, que el estaño, plomo, plata y oro eran permeables; mientras que el hierro, platino, paladio, cobre y bronce o latón eran impermeables a temperatura y presión atmosféricas.^[45]

Nicklès creía que el resultado negativo para el cobre y el bronce o latón eran consecuencia del método empleado por Horsford ya que él había obtenido exactamente el resultado opuesto. Los experimentos de Nicklès sobre la amalgamación del cinc, hierro, níquel, cadmio, estaño, cobre, plomo, antimonio, plata, oro y platino lo llevaron a concluir que *los metales que eran mojados por el mercurio eran penetrables por él*, y comunicaban esta propiedad a las aleaciones que contenían un cierto porcentaje del metal



Figura 4. Eben Norton Horsford (1818-1893). Fuente: <http://bit.ly/1dN3mdy>

permeable. En sus experimentos, Nicklès trazó con un estilete una ranura en la placa ensayada y puso un poco de mercurio en la ranura. Para acelerar la amalgamación puso primero una gota de cloruro de mercurio(II) acidulado con HCl. De esta manera la superficie del metal se amalgamaba instantáneamente y podía retener la cantidad necesaria de mercurio para producir el efecto deseado.^[45]

Los resultados de Nicklès indicaron que el cinc, cadmio, estaño, plomo, plata, oro y platino se amalgamaban y se volvían frágiles. Los resultados para el hierro, níquel, antimonio y platino fueron negativos, lo cual no era sorprendente ya que ninguno de ellos se amalgamaba. Se sabía que el antimonio se amalgamaba, pero si se trituraba la amalgama en contacto con aire o agua, perdía el antimonio en forma de un polvo negro. Nicklès especuló que las propiedades de la amalgama dependían del porcentaje de material permeable que contenía. Así encontró que una lámina de latón o bronce de 5 mm de espesor se quebraba después de estar 10 minutos en contacto con mercurio, mientras que otra de 0,5 mm de espesor lo hacía inmediatamente. Se obtuvieron los mismos resultados con tiras de latón o bronce de distintos espesores.^[45]

Amalgamación

Según Nicklès el mercurio actuaba sobre los metales de forma menos enérgica que lo hacía sobre el sodio, un resultado que era fácil de demostrar a cualquier audiencia: para esto era suficiente pegar dos hojas de oro, una al

lado de otra, sobre un cuadrado de vidrio suficientemente grande. Si ahora se depositaba una gota de mercurio sobre una de las hojas, la gota se adhería a ella y se aplanaba sin un cambio perceptible en su cobertura. Si se repetía el experimento con una gota de amalgama de sodio, la gota se extendía rápidamente cubriendo y blanqueando todo a su alrededor. En unos pocos segundos el mercurio alcanzaba una superficie que excedía varios cientos de veces la sección de la gota original. A veces, se observaba que el mercurio originaba una brecha absorbiendo y amalgamando el oro que se ponía en contacto con él; otras veces ocurría lo contrario, el oro permanecía en su lugar mientras se amalgamaba y el cuadrado aparecía plateado en los puntos en los cuales se había producido la amalgamación estacionaria.^[47]

Un resultado sorprendente era que la acción de la amalgama de sodio podía tener lugar en contra de la gravedad: se producía aun cuando la hoja de oro no estuviera en una posición horizontal. Si la hoja se colocaba de forma vertical se veía al mercurio ascender a lo largo de la superficie metálica. Nicklès mencionó que la amalgama de talio se comportaba de la misma forma. Las hojas de plata o de cobre no se comportaban como las de oro porque no eran suficientemente delgadas o porque el mercurio las penetraba más lentamente que a las de oro. El hecho que el hierro y el platino no fueran mojados por el mercurio no significaba que no pudieran ser amalgamados. Para esto bastaba con usar una celda en la que estos metales formaban el polo positivo. La amalgama de sodio atacaba rápidamente las hojas de platino o hierro pegadas al vidrio, perforándolas en el punto de contacto.^[47]

A MODO DE CONCLUSIÓN

Después de habernos aproximado a la biografía y al trabajo que Nicklès realizó en cristalografía, isomorfismo, amalgamación y permeabilidad, queda pendiente estudiar sus aportaciones en la teoría de los olores, el fuego líquido, el flúor y el electromagnetismo para tener una visión global de las aportaciones científicas de este genial científico. Todo ello se detallará en un próximo artículo de esta misma revista.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Sergio Menargues por su ayuda en la edición de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Larousse, *Grand Dictionnaire Universel du XIX^e Siècle*, Administration du Grand Dictionnaire Universel, París, 1874; 11, 984-985.
- [2] E.-O. Lami, *Dictionnaire Encyclopédique et Biographique de l'Industrie et des Arts Industriels*, Librairie des Dictionnaires, París, 1886; 6, 804-805.

- [3] E. Sitzmann, *Dictionnaire de Biographie des Hommes Célèbres de l'Alsace*, Sutter, Rixheim, 2, 369-370, **1909**.
- [4] G. Martin de Vivar, *Le Pays Lorrain* **2002**, 83(3), 203-204.
- [5] J. Nicklès, *De la Fermentation de l'Acide Tartrique et de ses Produits*, Thèse de chimie maîtrise de chimie, présentée à l'École Spéciale de Pharmacie de Strasbourg, pour obtenir le grade de maître en pharmacie, Silbermann, Strasbourg, **1846**.
- [6] J. Nicklès, *Les Electro-Aimants Circulaires* (Thèses de Physique présentée à la Faculté des Sciences de Paris, pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques), Bouchard-Huzard, Paris, **1853**.
- [7] J. Nicklès, *Recherches sur le Polymorphisme* (Thèse de chimie présentée à la Faculté des Sciences de Paris), Bouchard-Huzard, Paris, **1853**.
- [8] J. Muller, J. Nicklès, *Eléments de Cristallographie*, Lib. Scient. Industr., **1847**.
- [9] J. Nicklès, *Appareil pour Servir à la Démonstration de la Théorie de la Flamme*, Raybois, Nancy, **1857**.
- [10] J. Nicklès, *Les Electro-Aimants et l'Adhérence Magnétique*, Lacroix, Paris, **1860**.
- [11] J. Nicklès, *Sur la Théorie Physique des Odeurs et des Saveurs*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [12] J. Nicklès, *Recherche du Fluor - Action des Acides sur le Verre*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [13] J. Nicklès, *Sur une Nouvelle Classe de Combinaisons Chimiques*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [14] J. Nicklès, *Sur les Relations d'Isomorphisme qui Existent entre les Métaux du Groupe de l'Azote*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [15] J. Nicklès, *Recherches sur le Thallium*, Raybois, Nancy, **1865**.
- [16] J. Nicklès, *Recherches de Physique et de Chimie*, Raybois, Nancy, **1867**.
- [17] J. Nicklès, *Emploi des Résidus - Les Usages Industriels du Chlorure de Calcium*, Renou et Maulde Paris, **1867**.
- [18] J. Nicklès, *Notice sur les Travaux Scientifiques de M. F.-J. Nicklès*, Mallet-Bachelier, Paris, **1854**.
- [19] J. Nicklès, *Rev. Scient.*, **1847**, 15, 203-211.
- [20] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1848**, 27, 270-271.
- [21] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1848**, 28, 611-612.
- [22] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1851**, 32, 682-683.
- [23] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1848**, 27, 244.
- [24] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1862**, 199-205.
- [25] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1857**, 132.
- [26] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1863**, 44, 192-194.
- [27] J. Nicklès, *Ann. Génie Civil*, **1862**, 1, 416-417.
- [28] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1862**, 400-404.
- [29] J. Nicklès, *J. Pharm.* [4], **1866**, 3, 332-336.
- [30] C. Nöllner, *Liebig Ann.* **1841**, 38, 299-307.
- [31] J. J. Berzelius, *Jahresbericht Über die Fortschritte der Physischen Wissenschaften*, **1848**, 132.
- [32] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1846**, 10, 372-377.
- [33] J. Gottlieb, *Liebig Annal.*, **1844**, 52, 121-130.
- [34] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1846**, 23, 419.
- [35] J. Nicklès, *Rev. Scient.*, **1846**, 11, 301-313.
- [36] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1858**, 33, 351-353.
- [37] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1855**, 40, 980-983; publicado como folleto por Raybois, Nancy, **1855**.
- [38] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1859**, 48, 837-840.
- [39] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1860**, 50, 872-874.
- [40] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1860**, 51, 1097.
- [41] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1861**, 126-200.
- [42] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1861**, 39, 249-252, 423-426; *Compt. Rendus*, **1861**, 52, 396-398.
- [43] J. Nicklès, *Ann. Chim. Phys.* [2], **1861**, 62, 230-235.
- [44] A. F. Fourcroy, *Éléments d'Histoire Naturelle et de Chimie*, 5th edition, vol. II, page 414, Cuchet, Paris, **1793**.
- [45] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1853**, 23, 50-53.
- [46] E. N. Horsford, *Am. J. Sci.*, **1852**, 13, 305-318.
- [47] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1866**, 4, 330-332.

François Joseph Jérôme Nicklès:

2. Teoría de los olores, fuego líquido, flúor y electromagnetismo

Jaime Wisniak

Resumen: En este segundo artículo se analiza la obra científica de François Joseph Jérôme Nicklès (1820-1869) y se presentan los resultados que obtuvo en la investigación de las causas de los olores y aromas, la pirólisis del azúcar, los fuegos líquidos basados en fósforo, la presencia de flúor en órganos y fluidos animales, el análisis y síntesis de diversos compuestos fluorados y el electromagnetismo.

Palabras clave: análisis, electromagnetismo, flúor, fuegos líquidos, olores.

Abstract: In this second article we analyze the scientific contribution of François Joseph Jérôme Nicklès (1820-1869) and present the results he obtained regarding the theory of odors and smells, sugar pyrolysis, liquid fires based on phosphorus, the presence of fluorine in animal organs and fluids, the analysis and synthesis of a variety of fluorinated compounds, and electromagnetism.

Keywords: analysis, electromagnetism, fluorine, liquid fires, odors.

INTRODUCCIÓN

En el artículo anterior de esta revista se presentó la biografía abreviada de François Joseph Jérôme Nicklès (1820-1869), así como una revisión de sus investigaciones acerca de la fermentación del ácido tartárico, cristalografía, isomorfismo, amalgamación y permeabilidad.^[1] En este segundo artículo se describe el resultado de su trabajo acerca causas de los olores y aromas, la pirólisis del azúcar, los fuegos líquidos basados en fósforo, la presencia de flúor en órganos y fluidos animales, el análisis y síntesis de diversos compuestos fluorados y el electromagnetismo.

TEORÍA DE LOS OLORES Y AROMAS

En 1861, Nicklès leyó una memoria en la Academia de Stanislas en la cual trató de condensar en varias leyes generales todos los hechos conocidos acerca de los olores y aromas.^[2] En ella mencionó que dos años antes la academia había tenido conocimiento de los resultados obtenidos durante la aplicación de vendajes alquitranados sobre heridas. La desinfección rápida y la pronta disminución del olor de las heridas muy fétidas y de los cánceres habían dado lugar a muchas teorías para explicar los resultados. Por ejemplo, Michel Eugène Chevreul (1786-1889) (Figura 1) había aprovechado la oportunidad para recordar ciertas observaciones que él había publicado respecto al modo de operar de diversos olores y fragancias. Así, un olor fuerte enmascaraba a un olor débil; la eliminación



Figura 1. Michel Eugène Chevreul (1786-1889).
Fuente: <http://bit.ly/1FRORHB>

del olor podía ser causada por un ácido neutralizando una base, por reacciones químicas que generaban compuestos inodoros o con olor débil, por adsorción dentro de los capilares de un sólido, etc.^[2]

Se conocían muchos casos que eran inexplicables por los agentes mencionados más arriba, el más destacado correspondía a los perfumes. Se desconocía la composición de estos agentes y su acción no parecía estar acompañada por una disminución del peso. Según Nicklès, cantidades infinitesimales de perfume eran suficientes para afectar a los órganos olfatorios y la dificultad para apreciar la pérdida de peso podía ser debida en parte a un efecto de compensación causado por una absorción de oxígeno. Una cosa era cierta: la eliminación de un olor requería el contacto con una substancia destructiva. De esta forma el almizcle y el castóreo pasaban a ser inodoros por las mismas substancias que destruían el olor del alcanfor, el aceite de bacalao, la creosota y el asa fétida (que no eran perfumes).^[2]



Department of Chemical Engineering,
Ben-Gurion University of the Negev,
Beer-Sheva, Israel 84105.
C-e: wisniak@exchange.bgu.ac.il

J. Wisniak

Recibido: 02/03/2015. Aceptado: 02/06/2015.

Nicklès clasificó en tres categorías los factores que causaban olores: (1) la combinación de dos sustancias inodoras, por ejemplo, azufre y oxígeno, hidrógeno y azufre, hidrógeno y nitrógeno, y azufre y carbono, en las que los olores resultantes podían ser SO_2 , H_2S , NH_3 , y CS_2 , respectivamente; (2) la acción de un olor sobre un cuerpo inodoro, o al revés; por ejemplo, el almizcle descompuesto podía ser mejorado por el amoníaco, muchos ácidos orgánicos e inorgánicos inodoros (por ejemplo, sulfúrico, oxálico, sórbico, silícico, etc.) producían con los alcoholes derivados olorosos y (3) la combinación de dos olores que generaban un olor parecido al de uno de los componentes o un olor totalmente nuevo. Así, los cloruros de fósforo(III y V) recordaban el olor del fósforo y no el del cloro, compuestos como los mercaptanos y el aceite de mostaza que tenían un olor a ajo sin ninguna relación al del azufre o éter, etc. Nicklès recalcó que también había cuerpos que poseían un olor peculiar que persistía aun cuando había un cambio de combinación (por ejemplo, halógenos, sulfuros, radicales compuestos, etc.), y que dominaban en un gran número de combinaciones de la misma manera que el color o sabor de ciertos cuerpos se mantenía en ciertas combinaciones. Dos cuerpos jugaban un papel importante en la teoría de los olores: el hidrógeno era un excitante que desarrollaba el olor de los cuerpos con los que se combinaba y al mismo tiempo los hacía más volátiles. Se podía decir con cierta seguridad que todos los olores contenían hidrógeno. El oxígeno, por el contrario, disminuía la volatilidad y la capacidad olorosa de los compuestos; las combinaciones químicas perdían su volatilidad mientras más se oxidaban, especialmente en estado gaseoso. A pesar de esto, el oxígeno era indispensable para percibir los olores; su presencia en el aire era absolutamente necesaria para la función apropiada de los nervios olfatorios; los perfumes activaban los nervios olfatorios solo en la proporción en que “eran quemados por el aire atmosférico”. El hidrógeno y el oxígeno puros eran inodoros, pero su compuesto, el agua, tenía un olor que se percibía cuando era aspirada dentro de las ventanas de la nariz. Según Nicklès, cuando dos cuerpos olorosos se combinaban el olor resultante correspondía al del elemento que jugaba el papel de electropositivo, por ejemplo, la combinación de un halógeno con azufre retenía el olor del azufre, aquéllos formados por azufre y fósforo retenían el olor del fósforo, etc. Nicklès remarcó que se conocían muy pocas excepciones a esta notable ley. Otra observación interesante estaba relacionada con el sabor: este efecto generalmente recordaba el del compuesto electropositivo de la combinación química, por ejemplo, las sales de cobre y hierro tenían sabores característicos, la quinina y la estricnina retenían su amargura cuando se combinaban con ácidos, etc.^[2]

Nicklès escribió que los resultados de sus experimentos le permitían dividir los sentidos en dos categorías: física (visión, tacto y audición) y química (sabor y olor). Los olores no eran como el calor y la luz, no eran reflejados ni transmitidos por cuerpos sólidos. Para excitar al órgano detector era necesaria la presencia de oxígeno que actuaba de forma química sobre el olor.^[2,3]

AZÚCAR DE CAÑA Y GLUCOSA

En 1865, Nicklès informó que al calentar una mezcla de azúcar de caña con diclorometano (CH_2Cl_2) en un tubo cerrado, durante un cierto tiempo a 100°C , el color comenzaba a cambiar gradualmente hasta que se ponía muy oscuro. Un calentamiento más largo transformaba el azúcar en una especie de alquitrán. Si se repetía el proceso con azúcar cristalizado, el producto final era un caramelo negro. Curiosamente, esta reacción no se producía con glucosa, que mantenía su color todo el tiempo.^[4] Nicklès comentó que aun cuando el CH_2Cl_2 solo no se descomponía al ser calentado a 98°C , sí lo hacía en esta reacción, al comienzo de la cual se desprendía cloro que luego se transformaba en HCl por su acción sobre la materia orgánica. En otras palabras, el HCl era un producto *secundario* de la reacción. En apoyo de esta reivindicación mencionó que Polydore Boullay (1806-1835), durante su investigación acerca del ácido úlmico, había informado que el azúcar de caña no se modificaba por acción del HCl concentrado, pero sí por el ácido diluido y caliente que depositaba una cantidad notable de una sustancia color café, muy parecida al ácido úlmico.^[5]

Para reforzar su tesis Nicklès llevó a cabo tres experimentos similares. En el primero puso en un tubo una mezcla de glucosa seca y CH_2Cl_2 , en el segundo, una mezcla de ácido tartárico y CH_2Cl_2 , y en tercero, sólo ácido tartárico y glucosa. Posteriormente, los tubos fueron sellados y calentados durante cinco horas en un baño maría. Los dos primeros tubos no mostraron ningún cambio, pero en el tercero el material se hinchó y se ennegreció fuertemente. El análisis de este último demostró la ausencia de HCl. El resultado de los dos primeros experimentos demostraba que el CH_2Cl_2 no era descompuesto por la glucosa o el ácido tartárico; mientras que el del tercero indicaba que la reacción entre estos dos sólidos producía agua y ácido gluco-tartárico.^[4]

FUEGO LÍQUIDO

Nicklès comenzó su artículo sobre el tema con una reseña de toda la información disponible acerca del fuego líquido. Era bien sabido que el fósforo era muy soluble en CS_2 y que la disolución era altamente inflamable. Por ejemplo, si una hoja de papel secante se empapaba con la disolución y se dejaba secar al aire, se encendía puntualmente y se carbonizaba el papel. La disolución de fósforo en CS_2 se conocía por varios nombres, dependiendo del uso que se le diera, por ejemplo, durante la guerra americana se la llamaba fuego feniano. El dicloruro de diazofre (S_2Cl_2) se comportaba de la misma manera que el CS_2 pero humeaba fuertemente en contacto con el aire, haciendo más difícil la inflamación del residuo de fósforo debido al HCl que lo cubría.^[6]

Según Nicklès, la mezcla de dicloruro de diazofre comercial con una disolución de fósforo en CS_2 producía un líquido amarillo que humeaba en el aire y podía ser guardado sin peligro en un recipiente cerrado. La adición de

amoníaco producía una deflagración intensa acompañada de una llama voluminosa que decaía lentamente y duraba un cierto tiempo. Aun cuando una disolución comercial del gas era suficiente para demostrar este efecto, era recomendable realizar la operación al aire libre debido a los fuertes vapores ácidos (contenían SO_2 , HCl y $\text{S}_2 \text{Cl}_2$) que se desprendían. Al comienzo se observaba una llamarada que era pronto reemplazada por una combustión regular del azufre y el fósforo. Nicklès notificó que de 2 a 3 cm^3 del líquido eran suficientes para producir una llama de un metro de altura. Nicklès llamó a su disolución fuego de Lorena, un nombre que recordaba la región donde él había nacido.^[6]

Nicklès se interesó por conocer las razones por las que una disolución acuosa de amoníaco era capaz de provocar la reacción y cuál era el origen de los humos que se producían. Ambos fenómenos estaban probablemente conectados, porque la adición de HCl al amoníaco producía un humo blanco de cloruro de amonio ($\text{NH}_4 \text{Cl}$). Una reacción similar tenía lugar cuando se añadía amoníaco al dicloruro de diazufre; la neutralización de la base era exotérmica e iba acompañada por la formación de cloruro de amonio y una serie de productos secundarios coloreados, tales como los cristales amarillos de sulfuro de nitrógeno ($\text{N}_4 \text{S}_4$). La acción del amoníaco sobre el dicloruro de diazufre era algo más complicada; se producían, entre otros, cloruro de amonio, sulfuro de nitrógeno, y otros compuestos procedentes de la reacción entre el sulfuro de nitrógeno y el dicloruro de diazufre. La energía liberada en la reacción era suficiente para encender el fósforo y, en consecuencia, inflamar todo el líquido. Por esta razón, Nicklès sugirió que el amoníaco fuera añadido mediante una ampolla sujeta al extremo de un palo mantenido a la distancia de un brazo.^[6]

Nicklès recalcó que el sulfuro de amonio producía el mismo resultado que la disolución de amoníaco y que el carbonato de amonio era menos activo. También llamó la atención sobre la diferencia fundamental que existía entre el fuego feniano y el fuego de Lorena: en el primero, el fuego era el resultado de la gran inflamabilidad del fósforo que había sido reducido a un estado muy fino por la evaporación del disolvente; en el fuego de Lorena, se incendiaba el líquido tan pronto como se agregaba el amoníaco. Ambas disoluciones de fósforo eran líquidos peligrosos para ser almacenados. Si había necesidad de desecharlos, entonces el fósforo podía ser eliminado mezclando la disolución con un exceso de sulfato de cobre(II) o de una disolución de dióxido de plomo en álcali cáustico. La reacción resultante separaba el fósforo en forma de un precipitado negro de sulfuro, mientras que el CS_2 se depositaba en el fondo del recipiente.^[6]

FÓSFORO Y HIERRO EN HUESOS DE ANIMALES

Nicklès se interesó por el tema accidentalmente cuando recibió, para analizar, unos huesos muy viejos que habían sido encontrados en el cementerio de Eumont (La Meur-

the). Los especímenes desenterrados eran dos huesos del brazo de una mujer (un cúbito y un radio) que tenían un color verde azulado intenso. Uno de los espectadores rompió accidentalmente uno de estos huesos lo que permitió ver que toda la masa del hueso tenía el mismo color.^[7]

Según Nicklès, el hecho de que el color del hueso fuera claramente verde mientras que el de la pasta ósea fuera amarillo indicaba que el material colorante era azul. Al disolver un fragmento de hueso en HCl , seguido por sobresaturación de la disolución con amoníaco, se producía un líquido incoloro acompañado de un precipitado blanco ligeramente azulado de fosfato de calcio. Estos resultados indicaban que el color no se debía al cobre. El tratamiento con otros reactivos señaló la presencia de hierro(III), pero como todos los huesos contienen hierro(III) no resultaba fácil decidir si este elemento formaba parte de la materia colorante, aun cuando tenía un fuerte parecido al fosfato de hierro(III). Un examen microscópico mostró que dentro de las sinuosidades que dejaba la médula endurecida había puntos brillantes que eran definitivamente cristalinos. Estos estaban formados por prismas romboédricos, aparentemente oblicuos. Un examen químico de este particular material mostró que tenía todas las propiedades del fosfato de hierro(III). Nicklès calcinó el material con hidrogenocarbonato de sodio para separar el ácido del óxido. Un tratamiento del producto calcinado con agua destilada produjo una disolución alcalina y un residuo amarillo de óxido de hierro(III). Un examen químico de la disolución mostró la presencia de ácido fosfórico, indicando que efectivamente el material cristalino original era un fosfato de hierro(III), probablemente vivianita (fosfato de hierro(III) hidratado) (Figura 2). Todos estos resultados proporcionaron una explicación fácil de la coloración particular que tenían los huesos excavados del cementerio de Eumont: el óxido de hierro(III) presente en las aguas ferruginosas del lugar había penetrado el hueso por capilaridad y al encontrar el fosfato de calcio había generado el fosfato de hierro(III).^[7]

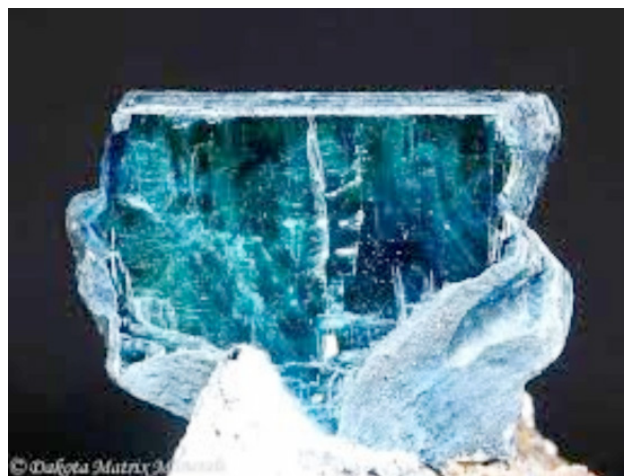


Figura 2. Vivianita. Fuente: www.dakotamatrix.com

Para apoyar su suposición, Nicklès mencionó que Julius Eugen Schlossberger (1819-1860) había detectado en el estómago de un avestruz que había muerto de tuberculosis tres clavos cubiertos por un material compacto rancio, de color negro, compuesto de sangre coagulada dura, que se puso azul después de estar expuesto al aire durante varios días.^[8] El análisis de este material indicó la presencia de agua, óxido de hierro(III) y una gran cantidad de ácido fosfórico, es decir, los componentes de la vivianita.

En otra publicación Nicklès discutió la formación de vivianita en órganos vivos.^[9]

Algunos investigadores habían atribuido el color azul presente en huesos viejos enterrados a una sal de cromo, otros a un complejo de cobre y amoníaco, mientras que Nicklès había demostrado que se debía al fosfato de hierro(III). Se sabía que la supuración de las heridas presentaba una coloración parecida. Schlossberger creía que el color azul del pus se debía a la presencia de un fosfato de hierro(III) y no al azul de Prusia o índigo. Hugo Schiff (1834-1915) coincidía con Schlossberger; había aislado la materia azul presente en la supuración de una herida cancerosa y había encontrado que tenía todas las características del fosfato de hierro(III). Según Nicklès, el color azul y la substancia muy densa se podían separar fácilmente del resto por simple lavado y decantación. Un tratamiento con KOH sólido producía óxido de hierro(II) y óxido de hierro(III). La substancia soluble en agua era simplemente ácido fosfórico. El fosfato de hierro(III) estaba presente en el pus en estado amorfo y lo coloreaba uniformemente de azul.^[9]

FLÚOR EN SERES VIVOS

En 1856, Nicklès anunció que había descubierto grandes cantidades de flúor en la sangre humana, y en la sangre de muchos mamíferos (como cerdos, ovejas, vacas y perros) aves (pollos, patos, pavos y gansos). Pensaba que este resultado no solo daba al flúor una importancia que no había sido considerada en medicina y fisiología sino que también descartaba la reivindicación de Berzelius que la presencia de flúor en los huesos era accidental. La presencia de flúor no podía ser accidental porque Nicklès lo había encontrado en la bilis, albúmina de huevo, orina, cabello, saliva, pelo de animales, etc. En otras palabras, el organismo estaba cargado de flúor y era muy posible que estuviera presente en cada fluido del cuerpo.^[10]

George Wilson (1818-1859), que era Regius profesor de tecnología en la Universidad de Edimburgo, reclamó ardientemente a Nicklès la prioridad sobre este hecho. Según Wilson, él había escrito extensamente sobre el tema, especialmente en su publicación de 1846 relativa a la solubilidad del fluoruro de calcio en agua y su relación con la presencia del elemento en minerales y fósiles animales y vegetales. Este último hecho indicaba que el flúor debía haber estado presente en muchos fluidos corporales.^[11,12] Nicklès rechazó los argumentos de Wilson aduciendo que los procedimientos analíticos que éste había empleado no aseguraban la no introducción de flúor procedente de fuentes extrañas (ver más abajo).^[13,14]

DISTRIBUCIÓN DEL FLÚOR

En 1855, el geólogo Gustav Jenzsch (1830-1877) informó que los carbonatos espato y aragonito (Figura 3) estaban siempre asociados con pequeñas cantidades de flúor.^[15] La presencia de este elemento fue demostrada por la acción que ejercía sobre los ángulos del romboedro del espato o del prisma del aragonito, un efecto del que Nicklès ya había informado en 1848.^[16]

Según Nicklès, estas combinaciones de calcio se depositaban bajo la influencia del agua. Si estas contenían flúor, el elemento también tenía que estar presente en la fuente original. El hecho de que estos depósitos se estuvieran formando constantemente significaba que las aguas que contenían hidrogenocarbonato de calcio necesariamente debían contener flúor. Por esta razón Nicklès decidió estudiar con detalle esta posibilidad.^[17]

Jenzsch había detectado la presencia de flúor usando el método estándar basado en el efecto corrosivo del ácido fluorhídrico (HF) sobre el vidrio, normalmente visible a simple vista o humedeciéndolo con el aliento.^[15] Para su estudio, Nicklès utilizó aguas minerales procedentes de varias fuentes naturales de los alrededores de Nancy, Meurthe, Moselle, Meuse, etc. Todas ellas eran ricas en hidrogenocarbonato de calcio que se depositaba en forma de pequeños cristales romboédricos de carbonato de calcio cuando las aguas estaban expuestas al aire y a la luz solar. Nicklès recogió muestras de 20 L de cada fuente, las evaporó a sequedad, y luego calcinó el sólido en una cápsula de platino. Los resultados señalaron la presencia del flúor en todos los residuos. Con el fin de asegurarse, Nicklès repitió los experimentos usando aguas procedentes de Francia y del extranjero. Una consecuencia inmediata fue que si las aguas naturales contenían flúor, entonces, necesariamente, el flúor constituía una parte de nuestra dieta y por lo tanto debía estar presente en la sangre; un hecho fue detectar la presencia del flúor en vinos, alcachofas, etc. y su ausencia en substancias nitrogenadas. Eventualmente, Nicklès concluyó que la disolución del vidrio en agua destilada causaba un error analítico serio; el flúor que se disolvía era suficiente para indicar su presencia aun cuando no existiera en la muestra analizada. Este resultado le llevó a reemplazar el vidrio ordinario por cuarzo que se sabía



Figura 3. Aragonito. Fuente: <http://bit.ly/1H21xdJ>

no era atacado por todos los líquidos y vapores conocidos (excepto HF). Nicklès notó que el ácido sulfúrico contenía HF que atacaba al vidrio e introducía el flúor liberado en la disolución. Los resultados de sus análisis tomando todas estas precauciones indicaron que muchas de las aguas contenían mucho menos flúor (incluso nada) que él que había encontrado antes. El siguiente artículo que publicó contenía una descripción detallada de los procedimientos a seguir para evitar un viciado de los resultados por flúor ajeno a la muestra.^[17-20]

Nicklès también describió de forma detallada los experimentos que realizó para detectar la presencia de flúor en sustancias orgánicas (huesos, sangre, orina, cenizas vegetales, etc.), aguas potables (Seine, Meuse, Moselle, Somme, etc.), y aguas minerales (Vichy, Plombières, Contrexéville, Châtenois, etc.), así como la relación entre las cantidades de fluoruros y fosfatos naturales. Algunos de sus resultados más importantes indicaban que (1) el organismo animal asimilaba flúor del agua potable, vegetales y aguas minerales, (2) el contenido de flúor en las aguas minerales era muy variable, (3) 300 L de agua del Atlántico no mostraron la presencia de flúor, (4) el fluoruro de calcio estaba presente en todas las aguas que contenían hidrogenocarbonato de calcio (5), el flúor podía estar presente en las rocas y minerales formados por sedimentación, (6) para eliminar el flúor del ácido sulfúrico usado en el análisis químico bastaba con calentarlo a 150-180°C durante un cierto tiempo, y (7) muchos datos antiguos sobre contenido de flúor estaban probablemente equivocados debido a la contaminación por flúor procedente de fuentes extrañas.^[17-20]

DERIVADOS DEL FLÚOR

Nicklès encontró que la estabilidad de los derivados halogenados del hierro(III) disminuía en el orden cloruro > bromuro > yoduro. La estabilidad no sólo variaba en orden inverso al peso equivalente de la sal, un aumento de la estabilidad implicaba una disminución del carácter neutro y que el compuesto comenzaba a mostrar un carácter ácido. Puesto que el peso equivalente del flúor era menor que el del cloro sugería que el correspondiente fluoruro podría comportarse como un ácido.^[21] Esto permitió a Nicklès preparar fluoruro de manganeso(II) por simple adición de HF a una disolución en éter de dicloruro de manganeso o disolviendo MnO₂ en HF concentrado.^[21]

En otra publicación describió la preparación y propiedades de sesquifluoroferratos.^[22] Nicklès encontró que el sesquifluoruro de hierro (Fe₂F₃ según Nicklès) se combinaba de dos maneras diferentes con los fluoruros de sodio y amonio: por la unión directa del sesquifluoruro de hierro con los fluoruros alcalinos o por la descomposición de estos últimos con sesquicloruro de hierro. Los alcaloides también se unían con este fluoruro (Nicklès preparó combinaciones con quinina y brucina).^[22] Nicklès describió también la preparación y propiedades del sesquioxifluoruro de sodio.^[23]

Nicklès observó que tratando MnO₂ con HF (como en la preparación del fluoruro de manganeso(II), MnF₂), la

disolución aparecía a veces cubierta por una abundante cristalización de color café. Separó y analizó dichos cristales y encontró que su composición correspondía a la fórmula (MnF + Mn₂F₂ + 10H₂O), es decir, a un fluoruro manganeso-mangánico.^[24]

Nicklès también informó que los fluoruros alcalinos protegían a las sales de hierro(III) de la acción del tanino, del prusiato amarillo y de los tiocianatos alcalinos. Por ejemplo, el color verde de una disolución en éter de MnCl₂, o el rojo de una disolución de MnCl₂ con tiocianato de amonio, desaparecía al agregar KF debido a formación de una sal fluorada.^[25]

DIHALUROS DE MANGANESO Y HALUROS DE BORO

Nicklès escribió que, de acuerdo con lo que se sabía, que la reacción entre MnO₂ y HCl producía cloro de acuerdo con MnO₂ + 2HCl = 2HO + MnCl + Cl. Esta ecuación indicaba que solo la mitad del cloro era liberado porque si no se habría formado MnCl₂ sin liberación de cloro: MnO₂ + 2HCl = 2HO + MnCl₂. Nicklès estaba interesado en demostrar que no existía ningún impedimento para sintetizar los tres haluros de Mn(II); creía que este propósito podía ser alcanzado por dos vías, la primera tratando con cloro una disolución en éter de monoclورو de manganeso mezclada con un líquido anhidro capaz disolver la sal deseada; la segunda haciendo reaccionar HCl con MnO₂ en presencia del mismo líquido anhidro. La experiencia demostró que el segundo procedimiento era el más sencillo: bastaba con añadir una pequeña cantidad de MnO₂ a una disolución saturada de HCl en éter para observar inmediatamente la formación de un líquido verde conteniendo el dicloruro.^[26]

Nicklès también sintetizó los haluros de boro mediante la reacción de una disolución anhidra de ácido bórico con HCl o HBr secos.^[27]

MAGNETIZACIÓN Y ELECTROIMANES

La influencia de la longitud de las barras de un electroimán en el magnetismo desarrollado había sido objeto de opiniones muy opuestas. Por un lado, científicos como Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865) y Moritz von Jacobi (1801-1874) postulaban que el magnetismo no dependía de la longitud de las barras sino del número de vueltas de la espiral^[28]; por otro lado, científicos como Julius Dub (1817-1873) creían que en igualdad de condiciones, la atracción ejercida por el imán aumentaba con el número de barras.^[29] Con el fin de aclarar este punto, Nicklès realizó un gran número de experimentos que lo llevaron a afirmar que las opiniones tanto de Lenz y Jacobi y de Dub eran correctas porque los resultados dependían de las condiciones bajo las cuales se había efectuado el experimento.^[30-35] La posición de Lenz y Jacobi era cierta solo para electroimanes de herradura (Figura 4), es decir, cuando ambas espirales iban en la misma dirección. En esta situación, la longitud de los brazos no afectaba

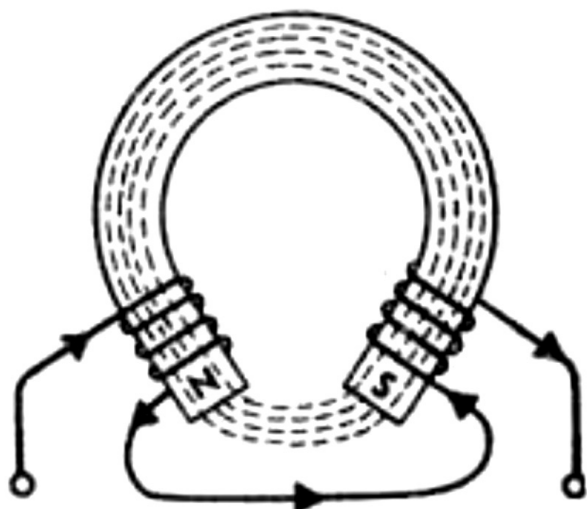


Figura 4. Electroimán de herradura. Fuente: <http://bit.ly/1dN3m4y>

al peso levantado. La teoría fallaba cuando se trataba de electroimanes lineales; en este caso, el poder de atracción se veía fuertemente afectado por la longitud de las barras. Nicklès estaba convencido de que sus resultados eran obvios porque la elongación de las barras separaba los dos polos opuestos mientras que el acortamiento de las mismas disminuía los efectos de neutralización que un polo ejercía sobre el otro.^[30-35]

En sus experimentos Nicklès colocó en el circuito galvánico una barra de hierro rodeada por una espiral de alambre de cobre. Como armadura seleccionó un trozo de hierro que tenía una masa y longitud variables de acuerdo con la corriente, de tal manera que la armadura podía ser atraída sin permanecer suspendida. En ese momento el operador colocaba sobre el polo superior un cilindro de hierro; esto hacía que la armadura se suspendiera inmediatamente del imán y se adhiriera a él más o menos enérgicamente para caer tan pronto como se retiraba el cilindro colocado sobre el otro polo. Nicklès usó esta configuración para llevar a cabo una serie de experimentos en los cuales varió la intensidad y la longitud de cilindros de igual sección. Los resultados demostraron claramente que la atracción aumentaba a medida que la barra se alargaba, pero solo hasta un cierto límite, más allá, el resultado era el opuesto. Nicklès realizó otra serie de experimentos usando electroimanes de herradura con un tercer brazo paralelo a los otros dos (electroimán trifurcado); los resultados justificaron sus conclusiones.^[30-35]

CONCLUSIONES

A pesar de haber recibido una educación básica incompleta, Jérôme Nicklès supo sobreponerse y trabajar duro para graduarse primero como farmacéutico y luego como doctor en ciencias. De ahí en adelante comenzó una brillante carrera académica de enseñanza e investigación en una amplia gama de temas. Destacó por sus investigaciones en cristalografía, isomorfismo, polimorfismo, electromagnetismo, fisiología, fermentación, teoría del olor

y del sabor, flúor y sus derivados, etc. Sus resultados confirmaron que el bismuto pertenece al grupo del nitrógeno, que el ácido propiónico se forma durante la fermentación del ácido tartárico y que el flúor está presente en la mayor parte del organismo. Propuso un sencillo examen para diferenciar entre azúcar y glucosa, descubrió un nuevo tipo de fuego líquido, etc. Lamentablemente, sus trabajos con flúor y sus derivados causaron su muerte a una temprana edad.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Sergio Menargues por su ayuda en la edición de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Wisniak. *Anales Quím.* 2015, en prensa.
- [2] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1861**, 356-379.
- [3] J. Nicklès, *Sur la Théorie Physique des Odeurs et des Saveurs*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [4] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1865**, 61, 1053-1055.
- [5] P. Boullay, *J. Pharm.*, **1830**, 16, 165-194.
- [6] J. Nicklès, *J. Pharm.*, **1869**, 9, 454-462.
- [7] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1851**, 41, 1169-1171; publicado como folleto por Raybois, Nancy, **1855**.
- [8] J. Schlossberger, *Liebig Annal.* **1847**, 62, 130-132.
- [9] J. Nicklès, *J. Pharm.*, **1858**, 33, 417-418.
- [10] J. Nicklès, *J. Pharm.*, **1856**, 30, 406.
- [11] G. Wilson, *Chem. Gazette.*, **1846**, 4, 183-184.
- [12] G. Wilson, *Proc. Roy. Soc. Edin.*, **1857**, 3, 463-468.
- [13] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1857**, 15; *Compt. Rendus*, **1857**, 45, 250-252; publicado como folleto por Raybois, Nancy, **1857**.
- [14] J. Nicklès, *J. Pharm.*, **1860**, 38, 182-184.
- [15] G. Jenzsch, *Poggend. Annal.* **1855**, 96, 145-151.
- [16] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1848**, 27, 270-273.
- [17] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1857**, 77-129; publicado como folleto por Raybois, Nancy, **1857**.
- [18] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1857**, 132-134.
- [19] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1857**, 8-14; publicado como folleto por Raybois, Nancy, **1857**.
- [20] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1857**, 285-286.
- [21] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1867**, 65, 107-111.
- [22] J. Nicklès, *J. Pharm.*, **1868**, 7, 15-20.
- [23] J. Nicklès, *J. Pharm.*, **1869**, 10, 14-16.
- [24] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1868**, 67, 448-450.
- [25] J. Nicklès, *J. Pharm.*, **1869**, 9, 273-274.
- [26] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1865**, 60, 479-482.
- [27] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1865**, 60, 800-803.
- [28] E. Lenz, M. Jacobi, *Poggend. Ann.*, **1844**, 61, 254.
- [29] J. Dub, *Poggend. Ann.* **1850**, 80, 494-520.
- [30] J. Nicklès, *Les Électro-Aimants et l'Adhérence Magnétique*, Lacroix, París, **1860**.
- [31] J. Nicklès, *Ann. Chim. Phys.*, **1853**, 37, 399-405.
- [32] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1853**, 36, 490-492.
- [33] J. Nicklès, *Bibl. Univ. Archives*, **1853**, 5-47.
- [34] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1854**, 39, 635-639.
- [35] J. Nicklès, *Ann. Chim. Phys.*, **1864**, 2, 230-237.

Ciencia y arte: las pinturas de los calendarios MAXAM (antes *Unión Española de Explosivos*) como recursos para la difusión y la enseñanza de la química

Gabriel Pinto Cañón y Amalio Garrido Escudero

Resumen: Se describe la colección pictórica de MAXAM (antes *Unión Española de Explosivos*, UEE), con alusiones principalmente al ámbito de los explosivos y otros materiales energéticos, como recurso para la enseñanza y la difusión de la química. La colección se ha formado con un cuadro anual que ilustra (desde el año 1900) el calendario de la compañía. Tras exponer brevemente la historia de UEE (cuya empresa precursora fundó Alfred Nobel), se recogen algunas obras representativas de la colección (incluyendo el cuadro del calendario de 2015, de Isabel Quintanilla, titulado *El paisaje de Alfred Nobel*). Se proponen ideas para tratar aspectos sobre: química industrial, química y aplicaciones de los explosivos, historia y ética de la ciencia, o química y medio ambiente, entre otros.

Palabras clave: Ciencia y Arte, Enfoques Ciencia-Tecnología-Sociedad, Explosivos, MAXAM.

Abstract: A collection of paintings by MAXAM (formerly *Unión Española de Explosivos*, UEE), with allusions to the world of explosives, is described as a tool for teaching and outreach of chemistry. This collection has been formed with an annual picture to illustrate (since 1900) the calendar of the company. After outlining the history of UEE (whose pioneer firm was founded by Alfred Nobel), we present some of the most representative pieces of the collection (including the painting by Isabel Quintanilla, entitled *Alfred Nobel's Landscape*, to illustrate the calendar for 2015). Its use is proposed to discuss topics such as: industrial chemistry, history and ethics of science, chemistry of explosives, and chemistry and environment, among others.

Keywords: Explosives, MAXAM, Science and Art, Science-Technology-Society.

INTRODUCCIÓN

Se propone el empleo de la colección pictórica de la empresa MAXAM (antes *Unión Española de Explosivos*) como recurso para la enseñanza y difusión de la química en general, y del sector de explosivos en particular. Esta colección se ha gestado con motivo de la publicación, desde 1900, de un calendario donde pintores de prestigio han ido realizando un cuadro por encargo para cada año. Las pinturas siempre aluden a alguna actividad de esta empresa de explosivos y otros productos químicos, fundada por Alfred Nobel.

No es la primera vez que se propone en esta publicación el empleo de obras pictóricas como recurso educativo de la química. En concreto, el profesor Fernando Ignacio de Prada propuso para ello una selección de cuadros del Museo del Prado de Madrid.^[1] A través de los popularmente conocidos como “calendarios de Explo-

sivos”, se pretende abarcar distintos objetivos, entre los que se destacan:

- Divulgar entre la comunidad de químicos la existencia de esta colección pictórica, dado que los cuadros se refieren a actividades de la industria química en un área poco conocida e injustamente tratada, a pesar de su relevancia social y económica: los explosivos y, en general, los materiales energéticos (como los usados en pirotecnia y en propulsión).
- Proponer el comentario o análisis de alguna de estas obras como recurso educativo para analizar diversas cuestiones de química.
- Sugerir algunos de los cuadros como posible punto de partida para la discusión de aspectos de ética y ciencia (por ejemplo, sobre el uso de explosivos) y para la divulgación y difusión de la química.
- Plantear ejemplos que puedan servir, en los distintos niveles educativos, para articular enfoques del tipo CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad) y de enseñanza contextualizada.
- Favorecer la difusión de la química en amplios sectores de la sociedad.

En cuanto a los aspectos educativos referidos a la química, abarcan temas de historia de esta ciencia (desarrollo de explosivos, evolución de la industria química española, etc.), química aplicada, obtención de explosivos, descubrimiento de la dinamita, pirotecnia, etc., así como algunas relaciones con la ingeniería (fabricación de explosivos, industria química, construcción de infraestructuras, etc.).

En relación con los aspectos divulgativos y también para posible aplicación en otras materias educativas, estos cuadros pueden servir para estudiar aspectos como: historia de la pintura española contemporánea, ética de



G. Pinto^{1,2}



A. Garrido^{3,4}

¹ Sección de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

² E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 28006 Madrid.

³ Universidad Católica San Antonio de Murcia, Guadalupe, 30107 Murcia.

⁴ MAXAM, Avda. del Partenón, 16. 28042 Madrid.

C-e: gabriel.pinto@upm.es

Recibido: 02/02/2015. Aceptado: 23/03/2015.

la ciencia (por ejemplo, el uso bélico de los logros científicos), química y medio ambiente o desarrollo de la publicidad, entre otros.

Cabe destacar que para la población en general la palabra “explosivo” a menudo conlleva una connotación negativa, porque se suele identificar con aspectos como violencia, guerra o terrorismo. En este trabajo se propone plantear los explosivos como una de las grandes aportaciones de la industria química al desarrollo y progreso de la humanidad en los últimos dos siglos. Así, estas sustancias han sido y son esenciales para minería y construcción (carreteras, autopistas, edificios, túneles, canales, presas, etc.).

En este artículo se expone una breve reseña histórica sobre MAXAM (empresa española con implantación en los cinco continentes), se informa sobre la colección de pinturas de esta compañía, y se realizan propuestas de tipo didáctico en las que algún cuadro de la colección puede ilustrar temas relacionados con materiales energéticos. La bibliografía sugerida complementa la información aportada a lo largo del texto.

BREVE HISTORIA DE UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS (ACTUALMENTE MAXAM)

La nitroglicerina fue inventada por el químico italiano Ascanio Sobrero (Casale Monferrato, 1812 – Turín, 1888), en 1847, por reacción de la glicerina con una mezcla de ácido nítrico y ácido sulfúrico.^[2,3] Sobrero se dio cuenta tanto de la potencialidad del nuevo compuesto químico como de su peligrosidad, pues detonaba fácilmente al menor movimiento o cambio de temperatura.

Alfred Bernhard Nobel (Estocolmo, 1833 – San Remo, 1896) conoció el descubrimiento de Sobrero durante su estancia en París (entre 1850 y 1852) en el laboratorio privado del francés Théophile-Jules Pelouze (Valognes, 1807 – París, 1867; discípulo de Joseph-Louis Gay-Lussac), donde también estudió el químico italiano. Nobel ya estaba acostumbrado a la problemática de la preparación de explosivos, pues su padre (Immanuel) se dedicaba a su fabricación.

Diversos accidentes, como el que costó la vida a su hermano menor, Emil, de 21 años, impulsaron a Nobel a investigar sobre el uso más seguro de la nitroglicerina. Pensó que la solución podría estar en disponerla en algún material poroso. En concreto, utilizó una arena de gran porosidad denominada kieselguhr (o tierra de diatomeas) que, al absorber la nitroglicerina (líquida a temperatura ambiente) formaba una pasta fácil de manipular y de moldear en forma de barras, facilitando el transporte y de manera que para iniciar la explosión era necesario el uso de un detonador.

En 1866 patentó en Suecia el nuevo explosivo, la dinamita. Según sus propias palabras, se trataba de nitroglicerina combinada con un silicato muy poroso, pero proponía un nombre diferente para enfatizar que se presentaba en una nueva forma. Lo denominó a partir del término griego *dýnamis* (δύναμις), potencia o fuerza.^[3]

Pronto lo patentó en otros países y se inició su producción industrial para uso en innumerables aplicaciones para

infraestructuras y proyectos como líneas férreas, carreteras, puertos, puentes, túneles, e instalaciones mineras, entre otras.^[4]

En este contexto, en 1872, se constituyó la *Sociedad Anónima Española de la Pólvora Dinamítica. Privilegios Alfred Nobel*, con sede social duplicada (Bilbao y París) y fábrica en Galdácano (“cerca de Bilbao”, según recogen los documentos de la época). A los pocos meses estalló la Tercera Guerra Carlista, siendo ocupada hasta finales de 1874, cuando se reanudó la producción.^[5,6]

En las fábricas de dinamita se producía tanto la nitroglicerina como algunos de sus componentes, como el ácido nítrico. El resultado del proceso era una masa que se envolvía en papel de parafina. Este trabajo solían realizarlo manualmente mujeres (conocidas como “cartucheras”), lo que hizo de esta industria química uno de los primeros sectores en los que se inició la integración laboral de la mujer. Interesantes imágenes al respecto se encuentran en la sección *El nacimiento de la industria del explosivo* de la dirección Web de la Fundación MAXAM,^[7] donde se recogen xilografías de Nemesio Lagarde publicadas en *La Ilustración Militar* en 1881, que reflejan fases del proceso de producción. En la *Casa del Explosivo*, sección patrocinada por MAXAM dentro del Museo de la Minería y de la Industria de Asturias (ubicado en el pueblo de San Vicente, cerca de El Entrego) se exponen piezas de la época para la producción de dinamita.^[8,9]

En 1896 la Sociedad de Alfred Nobel se unió a otras ocho empresas españolas productoras de explosivos, creando la *Unión Española de Explosivos* (UEE). Esta compañía inició pronto la fabricación de cartuchería deportiva y de caza, sector en el que MAXAM es actualmente el mayor productor mundial, con más de 500 millones de cartuchos anuales utilizando diferentes marcas comerciales. En 1911 inició el suministro de explosivos para la Marina española.

Tras varias décadas de expansión, en 1970 la UEE se fusionó con la empresa *Minas de Río Tinto*, formando *Unión Explosivos Río Tinto*, conocida por las siglas ERT. En 1989 renació en cierto modo UEE al filializar ERCROS (fusión de ERT con CROS) las actividades de explosivos civiles, cartuchería deportiva y de defensa. Poco tiempo después, en 1994, se reconstituyó UEE como empresa independiente. Se inició así un profundo proceso de reestructuración y expansión internacional, constituyéndose el Grupo UEE como MAXAM en 2006.^[10]

El lema de la empresa es *shaping the world you live it*, que resume la idea de que los productos como la dinamita permiten darle forma al mundo en que vivimos “removiendo” el suelo para construir importantes infraestructuras, como ya se ha indicado. Está formada actualmente por más de 140 compañías con instalaciones industriales en cerca de cincuenta países, ventas en más de cien y unos seis mil empleados. Su ámbito abarca principalmente la producción de: explosivos y sistemas de iniciación (servicios para minería, canteras y obras públicas), cartuchos y pólvoras de caza, productos y servicios para la industria de defensa, y materias primas claves en la actividad de nitroquímica. Además, ofrece soluciones en materia de seguridad y medio ambiente.

Actualmente es el segundo suministrador global de explosivos. No está de más, en tiempos como los actuales, donde el pesimismo sobre lo que somos y hacemos en España parece moneda común en los medios de comunicación, que los profesores de química animen a sus alumnos en el sentido de revelar el éxito y la prosperidad que empresas españolas con renombre internacional son capaces de crear.

LA COLECCIÓN MAXAM DE PINTURAS

En 1899, *Unión Española de Explosivos* encargó al pintor Arturo Mérida la elaboración de una pintura para reproducirse en un calendario (del año 1900) que permitiría promocionar los productos de la compañía.^[11] Con ello, se pretendía hacer llegar, a través del arte, información comercial a todos los rincones de España con potenciales clientes (esencialmente cazadores).

Desde entonces, cada año (con la excepción del período de la Guerra Civil) se ha repetido la iniciativa con distintos pintores de prestigio, constituyendo una singular colección que refleja la evolución de los gustos pictóricos de la sociedad española durante el presente y pasado siglos. Así, los conocidos popularmente como “Calendarios de Explosivos” han constituido un canal para llevar el arte al conjunto de la sociedad, permitiendo la difusión de obras de autores como Álvaro Alcalá-Galiano, Cecilio Plá, Julio Romero de Torres, Carlos Sáenz de Tejada, Eduardo Úrculo, Pedro Bueno, Manolo Valdés, y Manuel Benedito, entre otros. Una breve reseña de cada autor se puede encontrar en la sección de “autores” de la Web de la Fundación MAXAM.^[11]

Esta Fundación se encarga del cuidado y proyección de la colección pictórica, así como de la selección del autor que sirve para realizar el calendario anual. El pintor tiene libertad absoluta a la hora de seleccionar el tema, con el único requisito de que tenga relación con la actividad de la empresa. Se contribuye así al arte con una cultura de mecenazgo que no es demasiado común hoy día.

Aparte de en diversas exposiciones, la colección puede visitarse de forma virtual.^[11] Frecuentemente algunos cuadros de la colección son solicitados por museos y exposiciones de todo el mundo para formar parte de muestras temporales.

De este modo, en más de un centenar de cuadros se representan escenas relacionadas principalmente con los explosivos (Fig. 1), como la caza y los deportes de tiro (Fig. 2). Estos temas se reflejan a menudo a través de mujeres (como las retratadas en las obras de Romero de Torres), lo que se considera incluso como hipótesis para el origen del término “mujer explosiva”, hoy en desuso. También hay cuadros que recogen escenas de minería y obra civil (Fig. 3), de pirotecnia y fuegos artificiales (Fig. 4), del ámbito militar (Fig. 5), así como sobre química e industria química (Fig. 6).

El cuadro titulado *El proyecto*, recogido en la Fig. 3, está relacionado con las voladuras submarinas llevadas a cabo en la ampliación de la presa de Asuán en los años sesenta. En agradecimiento a la labor desarrollada en dicha construcción y en la preservación de monumentos que podrían haber desaparecido por la presa, Egipto regaló a España el Templo de Debod, ubicado en Madrid desde 1968.

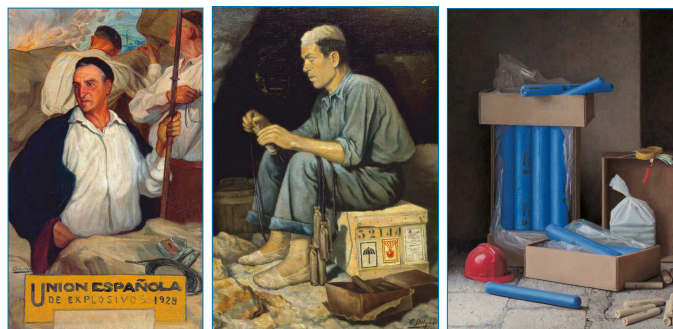


Figura 1. Pinturas sobre explosivos. De izda. a der.: *Dinamiteros* (Elías Salaverría Inchaurreandieta, 1928), *En la mina* (C. Delgado, 1950), y *Composición con explosivos* (Guillermo Muñoz Vera, 2001). © Fundación MAXAM

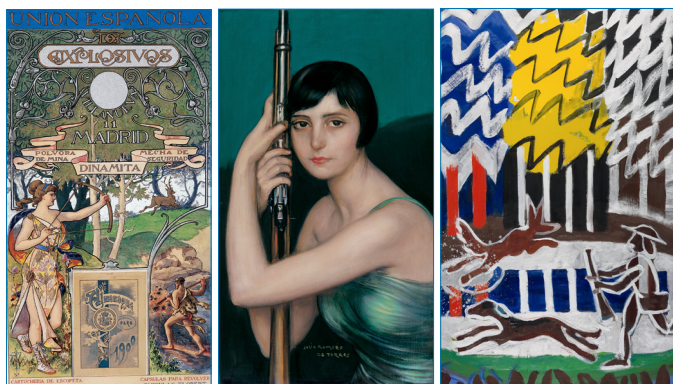


Figura 2. Pinturas relacionadas con caza y deportes de tiro. Arriba, de izda. a der.: *Diana cazadora* (Arturo Mérida, 1900), *La escopeta de caza* (Julio Romero de Torres, 1929), y *Escena de caza* (Juan Navarro Baldeweg, 2010). Abajo: *El tiro al plato* (Anónimo, atribuido a Carlos Masberger, 1934). © Fundación MAXAM



Figura 3. Pinturas relacionadas con el uso de explosivos en minería y construcción de infraestructuras. De izda. a der.: *Dos barreneros* (Antonio García Mencia, 1905), *Encendiendo la mecha* (Julio Romero de Torres, 1924), y *El proyecto* (Ángel Mateo Charris, 2003). © Fundación MAXAM



Figura 4. Pinturas sobre pirotecnia. De izda. a der.: *Señorita con cohete* (Cecilio Plá, 1906), *Grupo valenciano en fiesta* (Cecilio Plá, 1907), y *Bengalas* (Manuel Benedito, 1910). © Fundación MAXAM



Figura 5. Pinturas relacionadas con el ámbito militar. De izda. a der.: *El saludo en la mar* (Juan Martínez Abades, 1912), y *Disparando cañón desde cubierta* (Juan Martínez Abades, 1914). © Fundación MAXAM

Una de las pinturas de la Fig. 6 es *Santa Bárbara*, patrona de los mineros y de los que trabajan con explosivos, como los militares del arma de artillería. Otra de las pinturas recogidas en esta misma figura, dentro del ámbito de la química general, y que destaca por su originalidad, es la titulada *Circuito químico*, de Dis Berlin (nombre artístico de Mariano Carrera), que sirvió para el calendario de 2014.

Por otra parte, uno de los cuadros más famosos de Alfred Nobel es el que pintó Emil Österman en 1915 (se cumple, pues, este año su centenario), 19 años después de su muerte (Fig. 7) y que está expuesto en la Fundación Nobel de Estocolmo. Se cita esta cuestión porque la obra seleccionada para el calendario de 2015 tiene relación precisamente con dicho cuadro (Fig. 7).

La autora de esta obra, titulada *El paisaje de Alfred Nobel*, es Isabel Quintanilla. Representante de la escuela realista de Madrid, alude en su cuadro al paisaje que, según el retrato de Österman podría haber contemplado el inventor desde su puesto de trabajo. En palabras de la

autora, Nobel “tiene su brazo y mano derecha sobre un tenue cuadernillo blanco donde apunta, con toda seguridad, conclusiones y notas halladas en algún preciso experimento”. Por ello, pensó que “sería interesante hacerle un homenaje ampliando el universo que le acompaña en el cuadro”.^[12] Se ha resaltado que la obra de Quintanilla, en general, refleja una atmósfera íntima de excepcional calidad y un exquisito estudio de la luz, y este cuadro es buena prueba de ello.

LA COLECCIÓN MAXAM DE PINTURAS COMO RECURSO PARA ENSEÑANZA Y DIFUSIÓN DE LA QUÍMICA

Además de difundir la propia colección pictórica antes descrita, sugerimos la selección de algunas de sus obras para su empleo en el aula o en actividades divulgativas, como ya se indicó en la introducción. Así se puede ilustrar la importancia de los explosivos y otros materiales energéticos.

Como apoyo al profesorado, entre múltiples referencias sobre la historia, la teoría y tipos de explosivos destacamos los trabajos de Wisniak^[3] y Akhavan^[13].

Como ejemplo de relación entre la química y el medio ambiente, se destaca que el uso de explosivos en minería y en obras públicas permite reducir significativamente el consumo de hidrocarburos, las emisiones de gases de efecto invernadero y la duración de los trabajos. Ello se debe a que el uso de explosivos para voladuras supone un ahorro de energía frente a las excavaciones y trituraciones de rocas, realizadas por medios mecánicos, según se detalla en diversos trabajos.^[14-16]

Las alusiones a la pirotecnia han sido frecuentes en las pinturas de la colección MAXAM. Aunque existe abundante bibliografía sobre la química de los fuegos artificiales para la enseñanza destacamos el texto de Steinhäuser y Klapötke.^[17]

Como ejemplo de la versatilidad del uso de los compuestos químicos, se destaca que otra aplicación importante de la nitroglicerina, distinta a la fabricación de explosivos, es como vasodilatador en aplicaciones médicas.^[18,19]

Como ya se ha indicado, existe cierto rechazo popular hacia el campo de los explosivos, por su uso bélico. En este sentido, para el tratamiento de la relación entre ciencia y ética en el aula y otros foros, se recomienda, entre otras fuentes, el reciente trabajo de Essex y Howes, donde discuten la complicada situación que se planteó en el uso de la química durante la Primera Guerra Mundial, resaltando el caso de Fritz Haber, y también aspectos de la invención de explosivos por Nobel.^[20]

Además de direcciones Web ya señaladas, donde se recoge información de la colección pictórica completa, existen videos explicativos (en español y en inglés) sobre algunos de los cuadros más emblemáticos.^[21]

CONCLUSIONES

La colección pictórica de MAXAM, accesible a través de exposiciones y de forma virtual, con alusiones al mundo de los explosivos y otros materiales energéticos, constituye



Figura 6. Pinturas relacionadas con la química y la industria química. Arriba, de izda. a der.: *Fábrica de UEE en Cardona* (Anónimo, 1932), y *Galdácano* (Clara Gangutia, 1998). Abajo, de izda. a der.: *Santa Bárbara* (Sigfrido Martín Begué, 2005), y *Circuito químico* (Dis Berlin, 2014). © Fundación MAXAM



Figura 7. Izquierda: *El paisaje de Alfred Nobel* (de Isabel Quintanilla). © Fundación MAXAM. Derecha: *Retrato de Alfred Nobel* (de Emil Österman). © Fundación Nobel

una oportunidad para acercar el arte a algunas actividades educativas del aula de ciencias. El propio cuadro del calendario del presente año (2015), alusivo a Alfred Nobel, que fue además el fundador de esta empresa española (con otro nombre al inicio), puede ser un recurso educativo y divulgativo de interés.

Por eso, además de recogerse en este trabajo algunas de las obras más representativas (por su implicación con la química) de la colección, se propone su uso docente, de forma que los alumnos (en distintos niveles educativos) podrían introducirse en aspectos relacionados con la industria química, los explosivos y los fuegos artificiales, entre otros.

Todo ello puede ayudar a que los alumnos aprecien la importancia de la química, más allá de lo tratado en el aula o en el libro de texto.

Cabe destacar también que con este trabajo se pretende que alumnos, y también profesores y público general, aprecien que arte, historia y ciencia (química en particular) son aspectos complementarios de la cultura y no compartimentos estancos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a MAXAM, por la información aportada y por permitir la reproducción de pinturas de sus populares calendarios. También agradecen los comentarios de los revisores, que ayudaron a mejorar el trabajo, y el apoyo recibido de la Universidad Politécnica de Madrid, a través del proyecto de innovación educativa PT14_15-03002.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. I. de Prada, *An. Quím.*, **2011**, *107*, 253-261.
- [2] *J. Chem. Educ.*, **1928**, *5*, 1480-1483.
- [3] J. Wisniak, *Educ. Quím.*, **2008**, *19*, 71-81.
- [4] R. Lundström, *Alfred Nobel's Dynamite Companies, The Official Web Site of the Nobel Prize*. <http://bit.ly/1yIl2ph>, visitada el 14/4/2015.
- [5] J. M. González García, *Sociedad Española de la Pólvora Dinamítica*, **2008**: <http://bit.ly/1CrtI4q>, visitada el 14/4/2015.
- [6] A. J. Gómez, *Galdakao: Alfred Nobel. La Dinamita. Tximelarre*, Ed. BBK, Bilbao, **2002**.
- [7] Fundación MAXAM, *Alfred Nobel*: <http://bit.ly/1BrbJtm>, visitada el 14/4/2015.
- [8] Fundación MAXAM, *Casa del explosivo*: <http://bit.ly/11dN3Hq>, visitada el 14/4/2015.
- [9] Museo de la Minería y de la Industria de Asturias: <http://www.mumi.es/>, visitada el 14/4/2015.
- [10] Fundación MAXAM, *Historia*: <http://bit.ly/1EmL0Sq>, visitada el 14/4/2015.
- [11] Fundación MAXAM, *Colección MAXAM*: <http://bit.ly/1uuJAwH>, visitada el 14/4/2015.
- [12] Fundación MAXAM, *Sala de prensa*. "El paisaje de Alfred Nobel de Isabel Quintanilla, la imagen del Calendario MAXAM de 2015": <http://bit.ly/1yIlfsz>, visitada el 14/4/2015.
- [13] J. Akhavan, *The Chemistry of Explosives*, Royal Society of Chemistry, Londres, **2011**.
- [14] Das Sharma P. Carbon, *Footprint reduction in mining and blasting operation*: <http://miningandblasting.wordpress.com>, visitada el 14/4/2015.
- [15] L. Workman, J. Eloranta, *The Effects of Blasting on Crushing and Grinding Efficiency and Energy Consumption*: <http://bit.ly/1zvr2AR>, visitada el 14/4/2015.
- [16] Gobierno de la Rioja, *Guía de Mejora de la Gestión Energética en Canteras y Graveras de La Rioja*, **2010**. 17-19. Accesible en <http://bit.ly/1KkTS9T>, visitada el 14/4/2015.
- [17] G. Steinhäuser, T. M. Klapötke, *J. Chem. Educ.*, **2010**, *87*, 150-156.
- [18] N. I. Foster, N. D. Heindel, *J. Chem. Educ.*, **1981**, *58*, 364-365.
- [19] N. Marsh, A. Marsh, *Clin. Pharmacol. Physiol.*, **2000**, *27*, 313-319.
- [20] J. Essex, L. Howes, *Science in School*, **2014**, *29*, 5-8.
- [21] Fundación MAXAM, *Sala de prensa. Videos*: <http://bit.ly/1FRle4V>, visitada el 14/4/2015.

Historia de la evolución de la tabla periódica de los elementos químicos: un ejemplo más de la aplicación del método científico

Otilia Val Castillo

Resumen: El estudio del método científico como método de investigación es un buen punto de partida para enseñar a nuestros alumnos cómo las disciplinas científicas han desarrollado su camino hacia el conocimiento. En Química hay varios ejemplos para ilustrar didácticamente este camino, entre ellos, la evolución de las teorías atómicas y el desarrollo de la clasificación de los elementos conocidos en una tabla: la tabla periódica de los elementos.

Palabras clave: elementos, descubrimiento, clasificación, tabla periódica, propiedades periódicas.

Abstract: The study of the scientific method as a research method is a good starting point to teach our students how the sciences have developed his way through the knowledge. In chemistry there are quite a few examples to show this methodology in a didactic manner such as, the atomic theories and the development of a systematic classification of the known elements in a table: the periodic table of the elements.

Keywords: elements, discovery, classification, periodic table, periodic properties.

INTRODUCCIÓN

Los cuatro elementos clásicos griegos *tierra, agua, fuego y aire* datan de los tiempos presocráticos (siglos VII-IV a.C.) y perduraron a través de la Edad Media hasta el Renacimiento (siglos XV-XVI) (Figura 1).

Los indios y los japoneses tenían esos mismos cuatro elementos, más un quinto elemento invisible, el éter. Los cinco grandes elementos del hinduismo eran la tierra, el agua, el fuego, el aire y el éter, y para los chinos eran la tierra, el agua, el fuego, el metal y la madera, excluyendo al aire. Todos ellos consideraban, en general, que esos elementos se combinaban para formar el resto de las sustancias que forman la naturaleza.

Desde entonces se ha pasado de estos cuatro o cinco elementos tradicionales a los 114 elementos confirmados, registrados actualmente en la tabla periódica, considerando en la actualidad a un elemento como un tipo de materia constituida por átomos con el mismo número de protones en el núcleo, o una materia que no se puede descomponer en otra más sencilla.

En la prehistoria se conocían poco más de una docena de elementos: el carbono, el azufre, el hierro, el cobre, el cinc, el arsénico, la plata, el estaño, el antimonio, el oro, el mercurio, el plomo y el bismuto. Estos elementos fueron utilizados por nuestros antepasados prehistóricos para fabricar instrumentos de caza, decoración, tintes, pinturas...

Antes del siglo XIX solo se descubrieron 21 elementos más. En ese siglo fueron 50, de los cuales 26 elementos se

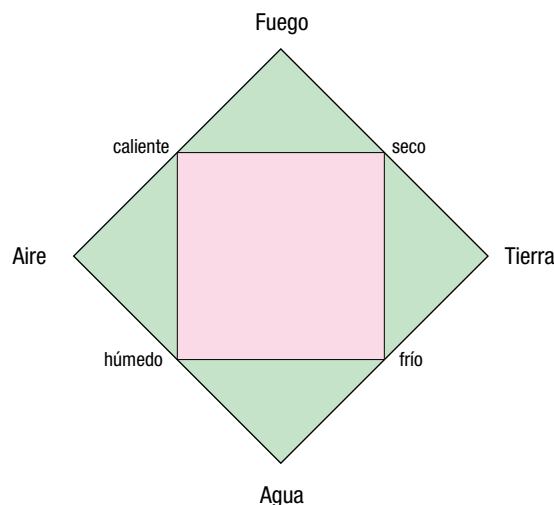


Figura 1. Los Cuatro Elementos de los griegos. Diagrama común con dos cuadrados, donde el más pequeño se sobrepone. Las esquinas del más grande muestran los elementos, y las esquinas del menor representan las propiedades. Fuente: Wikipedia

descubrieron gracias a la espectroscopia. En el siglo XX se descubrieron 30 más, (los de número atómico mayor de 98 por técnicas de bombardeo).^[2] (Tabla 1).

El elemento 114, Flerovio (1999) y el elemento 116, Livermorio (2000), recibieron nombre en junio de 2012.^[1] En este siglo el Joint Institute for Nuclear Research en Dubna y el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore parecen haber descubierto cuatro elementos más, que por el momento se identifican con un nombre sistemático que hace referencia a su número atómico, aunque la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, IUPAC, considera que no hay pruebas concluyentes de su descubrimiento.^[1]

Los científicos, siguiendo el esquema de actuación del método científico, tienden a una ordenación de los datos en tablas o a una representación de los mismos en gráficas cuando se intenta encontrar una relación entre dos magnitudes. Por tanto, conforme aumentaba el número de elementos descubiertos se hacía necesaria una ordenación de los mismos, en este caso, en una tabla.



O. Val Castillo

Doctora en Químicas
Jefa del Departamento de Física y Química
I.E.S. Lluís Simarro Lacabra.
Av. País Valencià s/n 46800 Xàtiva (Valencia)
C-e: val_oti@gva.es

Recibido: 17/12/2014. Aceptado: 01/03/2015.

Clave de colores:

- Antes del 1500 (13 elementos): Antigüedad y Edad Media.
- 1500-1800 (+21 elementos): casi todos en el Siglo de las Luces.
- 1800-1849 (+24 elementos): revolución científica y revolución industrial.
- 1850-1899 (+26 elementos): gracias a la espectroscopia.
- 1900-1949 (+13 elementos): gracias a la teoría cuántica antigua y la mecánica cuántica.
- 1950-2000 (+17 elementos): elementos "postnucleares" (del nº at. 98 en adelante) por técnicas de bombardeo.
- 2001-presente (+4 elementos): por fusión nuclear.

Tabla 1. Época del descubrimiento de los elementos químicos. Fuente: Wikipedia

LOS COMIENZOS

En 1718 el francés E. F. Geoffroy presentó a la Academia de Ciencias de Francia la primera tabla de afinidades observadas en química entre diferentes sustancias.^[3] No era una tabla de elementos, pero fue un primer intento de intentar sistematizar el estudio de la disciplina (Figura 2).

Boyle en 1661, en su obra *El Químico Escéptico* (Figura 3) estableció el concepto de *elemento químico* como una sustancia que no puede descomponerse en otras más simples. En este contexto el término elemento tenía un significado práctico y provisional: nunca había la seguridad de que, al avanzar en los conocimientos, no fuese posible idear un procedimiento para descomponer un supuesto elemento en dos sustancias más simples.^[4]

- Esprits acides.
- Acide du sel marin.
- Acide nitreux.
- Acide vitriolique.
- Sel alcali fixe.
- Sel alcali volatil.
- Terre absorbante.
- Substances metalliques.
- Mercur.
- Regule d'Antimoine.
- Or.
- Argent.
- Cuivre.
- Fer.
- Plomb.
- Etain.
- Zinc.
- Pierre Calaminnaire.
- Soufre mineral.
- Principe huileux ou Soufre.
- Esprit de vinaigre.
- Eau.
- Sel.
- Esprit de vin et Esprits ar.

Figura 2. La primera tabla de afinidades, de E. F. Geoffroy (1718). En la cabecera de cada columna una sustancia seguida de todas con las que se puede combinar. Fuente: Wikimedia Commons

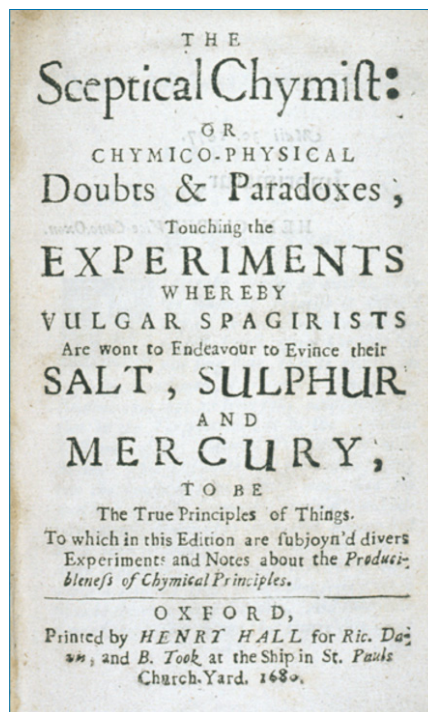


Figura 3. Portada del libro *The Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes*. Londres, 1680. Fuente: <http://www.scs.illinois.edu/~mainzv/exhibit/boyle.htm>

Antoine Lavoisier en su *Tratado Elemental de Química*, 1789, utilizó este concepto para demostrar que el agua no era un elemento puesto que se podía descomponer y recomponer en oxígeno y otro elemento al que denominó *hidrógeno*, "el que engendra agua".^[5] Hasta entonces los metales, a excepción del mercurio no eran considerados elementos.

Lavoisier hizo una clasificación, a efectos de nomenclatura, de las sustancias simples en cuatro grupos, *sustancias simples que pueden considerarse como elementos de los cuerpos* (entre las que incluyó la luz y el calor), *sustancias simples no metálicas oxidables y acidificables*, *sustancias simples metálicas oxidables y acidificables* y *sustancias simples salificables térreas*.^[5]

En 1818 Berzelius publicó una tabla de pesos atómicos sorprendentemente precisa. Usaba como base la masa del oxígeno, ya que muchos elementos forman óxidos estables y bien definidos, y posteriormente la del hidrógeno igual a 1. La revisó dos veces y, en la revisión de 1826, los pesos atómicos relativos de casi todos los elementos eran muy cercanos a los utilizados hoy día.^[6] También sugirió usar la letra inicial, o las dos primeras, del nombre en latín para representar los símbolos químicos ya que podían escribirse más fácilmente que otros signos.

Con el descubrimiento de nuevos elementos los químicos se dieron cuenta de que algunos de ellos tenían propiedades semejantes. Por ello, en 1817, Döbereiner realizó el primer intento de establecer una ordenación al mostrar que determinados grupos de tres elementos, a las que denominó *triadas*, variaban regularmente sus propiedades, como color y reactividad (Tabla 2), y que el elemento central tenía una masa atómica aproximadamente igual a la media aritmética de las masas atómicas de los otros dos (Tabla 3). En 1829 señaló más triadas y en 1850 ya se habían encontrado 20 triadas.^[6]

Litio	LiCl LiOH	Calcio	CaCl ₂ CaSO ₄	Azufre	H ₂ S SO ₂
Sodio	NaCl NaOH	Estroncio	SrCl ₂ SrSO ₄	Selenio	H ₂ Se SeO ₂
Potasio	KCl KOH	Bario	BaCl ₂ BaSO ₄	Telurio	H ₂ Te TeO ₂

Tabla 2. Triadas de Johann Wolfgang Döbereiner. Fuente: Wikipedia

Litio	7	Calcio	40	Azufre	32,0	Cloro	35,5
Sodio	23	Estroncio	88	Selenio	79,0	Bromo	80,0
Potasio	39	Bario	137	Teluro	127,6	Iodo	127,0

Tabla 3. Elementos de las triadas de Döbereiner y masas atómicas

Ahora bien, el concepto de masa atómica (entonces peso atómico) aún no tenía un significado preciso. Algunos químicos no distinguían exactamente entre masa atómica, masa molecular o peso equivalente (lo que motivó, en 1860, la celebración del Primer Congreso Internacional de Química, en la ciudad de Karlsruhe) y sus trabajos fueron desestimados.

En 1862, Chancourtois, envió a la Academia de Ciencias de París un informe donde proponía una clasificación de los elementos químicos colocados sobre la superficie de un cilindro a la que denominó Hélice Telúrica^[7] (Figura 4).

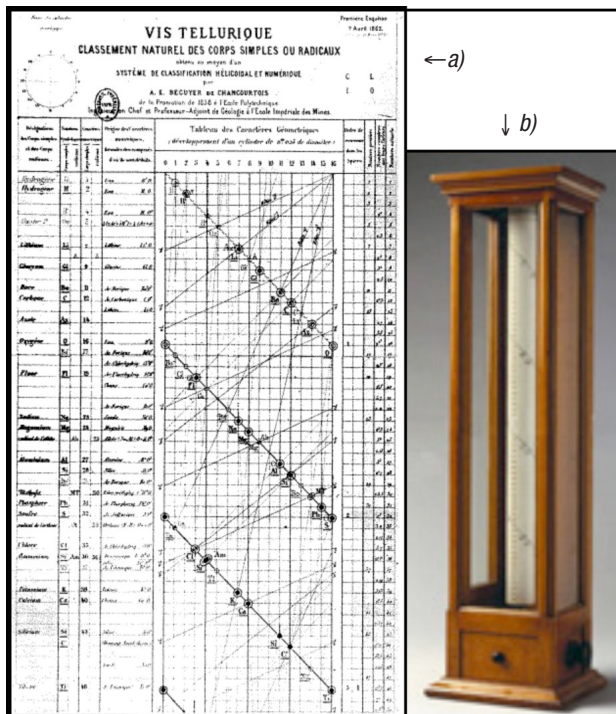


Figura 4. a) Vis Tellurique. Organización original de los elementos de Chancourtois. Fuente: Wikimedia Commons. b) Modelo del Anillo Telúrico en el Museo Británico de Historia Natural. Fuente: <http://www.ssplprints.com/image/84737/white-ron-telluric-screw-of-de-chancourtois-c-1862>

Los elementos se disponían sobre una línea diagonal formando un ángulo de 45° con la horizontal, dibujando una espiral y estaban ordenados según su peso atómico creciente (expresados en números enteros), de manera que los que tenían propiedades parecidas se situaban en una misma línea vertical.

Observó que los elementos que diferían entre sí en aproximadamente 16 unidades o múltiplos de 16 en peso atómico caían más o menos en la misma línea vertical y sorprendentemente, estos elementos tenían propiedades similares. Llegó a postular que “Las propiedades de los elementos son las propiedades de los números”. Pero, ¿por qué precisamente 16? Además, el esquema resultaba complicado técnicamente de construir (Figura 4 B), por lo que, en su comunicación, no se incluyó y por ello esta propuesta no fue demasiado conocida y sólo fue reconocida años después.

Entre 1850 y 1865 se descubrieron muchos elementos nuevos y se hicieron notables progresos en la determinación de las masas atómicas. Además en 1852 el químico inglés Edgard Frankland había introducido el concepto de valencia: la idea de que los átomos de cada elemento individual tenían una capacidad específica propia para combinarse con los átomos de otros elementos, y que esto determinaba las proporciones en las que se unían para formar compuestos.

En 1864, William Odling presentó una clasificación según un orden creciente de pesos atómicos. Era partidario de la distinción entre grupos y subgrupos, pues solo esta separación de las series en dos partes permitía obtener una

periodicidad de las propiedades de los elementos. Incluso alteró el orden del yodo y el telurio para colocarlos correctamente y dejó huecos para elementos que quedasen por descubrir. Sin embargo este intento no llegó a ser reconocido, ya que se sospechó que él, como Secretario de la Sociedad Química de Londres, desacreditó los esfuerzos de publicar la tabla periódica de Newlands.

John Alexander Reina Newlands también en 1864 observó que, ordenando los 56 elementos conocidos por su peso atómico y disponiéndolos en columnas verticales de siete elementos cada una, en muchos casos coincidían en las filas horizontales elementos con propiedades similares y que presentaban una variación regular (Figura 5).

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 20	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 28	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	Nb 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	W 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	To 43	Au 49	Th 56

Figura 5. Sistema periódico de Newlands. 1866. Nota: el elemento G es actualmente el Be (antiguamente glucinium) y el Di (didimium) fue un elemento conocido hasta 1885 (mezcla de praseodimio y neodimio). Fuente: Wikimedia Commons

Esta ordenación en columnas de siete da su nombre a la ley de las octavas, recordando los períodos musicales. El fallo principal de Newlands fue considerar que sus columnas verticales (equivalentes a períodos en la tabla actual) debían tener siempre la misma longitud. Esto provocaba la coincidencia en algunas filas horizontales de elementos totalmente dispares. Muchos químicos pensaron que lo que trataba de demostrar era pura coincidencia, y su trabajo no fue publicado.

En 1867, Gustavus Detlef Hinrichs, danés, nacionalizado norteamericano, publicó un sistema en el que los elementos se colocaban según sus masas atómicas (Figura 6) y varias tablas que relacionaban propiedades atómicas: volumen, peso, puntos de fusión, puntos de ebullición... Su teoría se basaba en la composición de los elementos a partir del Pantogen, la unidad primitiva de materia, que sería el número atómico del elemento. Desde su punto de vista el hidrógeno estaba constituido por dos de estas unidades y por ello su número atómico era 2, el del oxígeno 32, el del azufre 64, el de la plata 216 y el del plomo 414.^[8] Tuvo escasa repercusión debido a sus erróneas ideas.

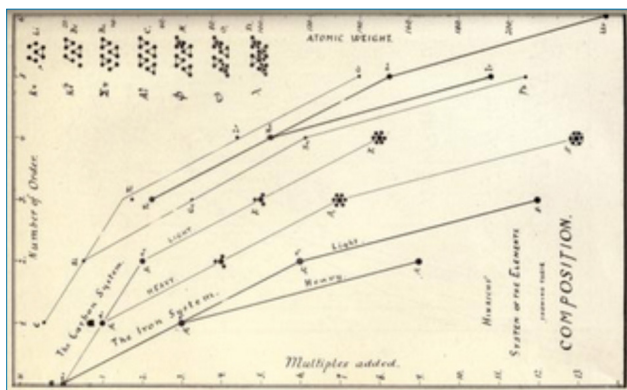


Figura 6. Sistema de los elementos de Hinrichs mostrando su composición.^[8]

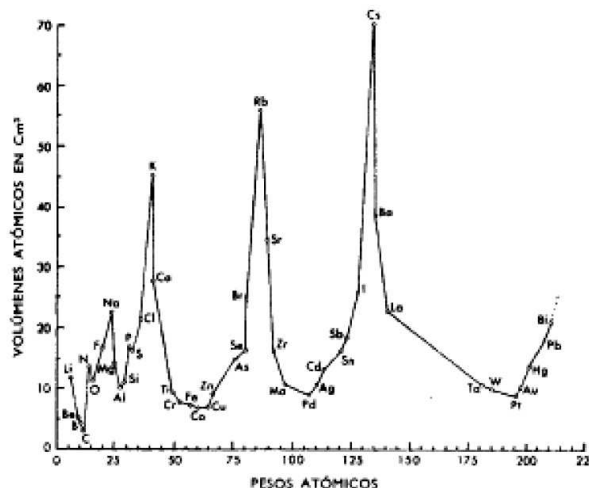


Figura 7. El gráfico de Meyer representaba los volúmenes de un peso fijo de los distintos elementos.^[6]

En 1869 el químico alemán Julius Lothar Meyer estudió los volúmenes atómicos de los elementos. Para obtener estos volúmenes atómicos pesó cantidades en gramos numéricamente iguales al peso atómico de cada elemento y los midió a la misma temperatura y presión. Al representarlos frente al peso atómico observó la aparición en el gráfico de una serie de ondas (Figura 7).

El volumen máximo se correspondía con un metal alcalino y se formaba una onda hasta el siguiente, que representaba para Meyer un período. En los primeros períodos se cumplía la ley de las octavas, pero después se encontraban períodos mucho más largos. Meyer clasificó 58 elementos y se basó sobre todo en las semejanzas de las propiedades físicas, volumen atómico, puntos de fusión y ebullición. Meyer publicó su trabajo mejorado en 1870 y no fue suficientemente reconocido porque un año antes un químico ruso Dimitri Ivanovich Mendeleiev o Mendeléyev, (en ruso Менделеев) se le había adelantado publicando otra ordenación de los elementos.

LOS AVANCES

El 6 de marzo de 1869 uno de los colaboradores de Mendeleiev, porque él se encontraba enfermo aquel día,^[9] presentó a la Sociedad Química de Rusia una clasificación de los 63 elementos conocidos hasta aquellos momentos que se basaba en la periodicidad de las propiedades químicas y su relación con los pesos atómicos. La ordenación de los elementos era vertical (Figura 8), y consideraba que el peso atómico de algunos elementos eran erróneos y se podrían corregir a partir de sus propiedades, y que además quedaban elementos por descubrir, para los cuales dejó huecos en la tabla.

Odling y Meyer también habían dejado huecos en sus tablas, pero Mendeleiev, partiendo de esta suposición, se atrevió a predecir las propiedades de algunos elementos desconocidos, en concreto los que debían ocupar las posiciones inmediatamente inferiores del boro, aluminio, silicio y manganeso, a los que él denominó: eka-boro, eka-

ОПЫТ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

H = 1	Cu = 63,4 Ag = 108 Hg = 200.	
Be = 9, Mg = 24 Zn = 65,2 Cd = 112		
B = 11 Al = 27,1 ? = 68 U = 116 Au = 197?		
C = 12 Si = 28 ? = 70 Sn = 118		
N = 14 P = 31 As = 75 Sb = 122 Bi = 210?		
O = 16 S = 32 Se = 79,1 Te = 128?		
F = 19 Cl = 35,5 Br = 80 I = 127		
Li = 7 Na = 23 K = 39 Rb = 85,4 Cs = 133 Tl = 204.		
Ca = 40 Sr = 87,6 Ba = 137 Pb = 207.		
? = 45 Ce = 92		
?Er = 56 La = 94		
?Yt = 60 Di = 95		
?In = 75,6 Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

Figura 8. Tabla periódica de Mendeleiev de 1869. Nota: Los símbolos Yt, J y Ur son actualmente Y, I y U. Fuente: Wikipedia

aluminio, eka-silicio y eka-manganeso, respectivamente. Poco tiempo después el eka-aluminio (número atómico 31) fue descubierto en 1875 por L. de Boisbaudran y recibió el nombre de galio, el eka-boro (número atómico 21) fue descubierto en 1879 por L. F. Nilson y se le llamó escandio, y el eka-silicio (número atómico 32) fue descubierto por Winkler en 1886, denominándose germanio. La similitud entre las propiedades que había predicho con las encontradas para estos elementos confirmaron la validez de su tabla periódica.^[10] El eka-manganeso, número atómico 43, actual tecnecio, (que significa artificial), fue aislado por Carlo Terrier y Emilio Segrè en 1937. Mendeleiev le había predicho una masa atómica de 100. El isótopo más estable es el ⁹⁸Te.

Mientras, en el año 1871, Mendeleiev había presentado una nueva versión de la tabla, (llegó a modificarla unas 60 veces publicando 30),^[11] en la que mejoró la localización de algunos elementos cuya posición no era satisfactoria. También hizo un cambio de filas por columnas, usando números romanos para reflejar la valencia de los grupos, quedando la tabla bastante parecida a la que manejamos actualmente (Figura 9).

La tabla periódica de Mendeleiev supuso un gran impacto para la comunidad científica. Aunque quedaban huecos sin rellenar, nadie dudaba de que se llenarían a raíz de nuevos descubrimientos. Sin embargo empezaron a aparecer elementos que no tenían espacio en la tabla.

Ряды	Группа I. R ⁰	Группа II. R ⁰	Группа III. R ⁰	Группа IV. R ⁰ R ⁰	Группа V. R ⁰ R ⁰	Группа VI. R ⁰ R ⁰	Группа VII. R ⁰ R ⁰	Группа VIII. R ⁰
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,8	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Ru=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Rh=104, Ir=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Au=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Ce=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	
9	(—)	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	
10	—	—	—	—	—	—	—	
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	U=240	—	
12	—	—	—	Th=231	—	—	—	

Figura 9. Tabla periódica de Mendeleiev de 1871. Fuente: Wikipedia

NUEVOS ELEMENTOS

El problema comenzó con tres elementos de tierras raras: cerio, erbio y terbio que no tenían hueco en la tabla. A estos les siguieron hasta 1886 el descubrimiento de ocho elementos adicionales de tierras raras: praseodimio, neodimio, samario, gadolinio, disprosio, holmio, tulio e iterbio que tampoco tenían un lugar en la tabla.

Por otro lado Cavendish, un siglo antes, en 1785, había demostrado que cuando se extrae el oxígeno y el nitrógeno del aire queda un pequeño residuo. Su conclusión fue la de que si existiera un tercer componente del aire, constituiría menos de 1% en volumen.^[12] Lord Rayleigh también observó que el nitrógeno del aire tenía una densidad superior al preparado a partir del amoníaco y su discípulo William Ramsay se puso a trabajar en ello. Gracias al espectroscopio confirmó, en 1894, que se trataba de un nuevo elemento al que denominó argón, *inactivo*, por lo que le asignó una valencia cero. Pero, ¿dónde colocarlo? Ramsay hizo una nueva hilera, *la hilera 0*, añadida al final de la tabla y siguió buscando en el aire otros gases que pudieran llenar esta hilera. Por destilación fraccionada encontró en 1898, y en un plazo de tres meses, el neón, *nuevo*, el criptón, *oculto*, y el xenón, *extraño*. También el helio, descubierto en un mineral que contenía uranio. Había llenado la nueva hilera del primer al quinto período.

En reconocimiento a sus servicios en el descubrimiento de los elementos gaseosos inertes del aire y la determinación de su lugar en el sistema periódico,^[13] Ramsay recibió el premio Nobel de Química en 1904, y Lord Rayleigh el de Física, por el descubrimiento del argón.

El número de elementos conocidos a principios de 1900 ya ascendía a 83 y esta columna había reforzado la tabla de Mendeleiev.

Además de todas estas propuestas hubo muchas más versiones de la tabla. En 1870 Baumhauer propuso una tabla en espiral con el hidrógeno en el centro. (En la actualidad el modelo de Theodor Benfey 1960, es el más conocido) (Figura 10). También había versiones de forma corta o de forma larga. De éstas la más interesante es la de Bayley de 1882, (Figura 11), perfeccionada por Thomsen en 1895, y posteriormente por Borh en 1922. También en 1898 Crookes presentó una tabla en tres dimensiones.

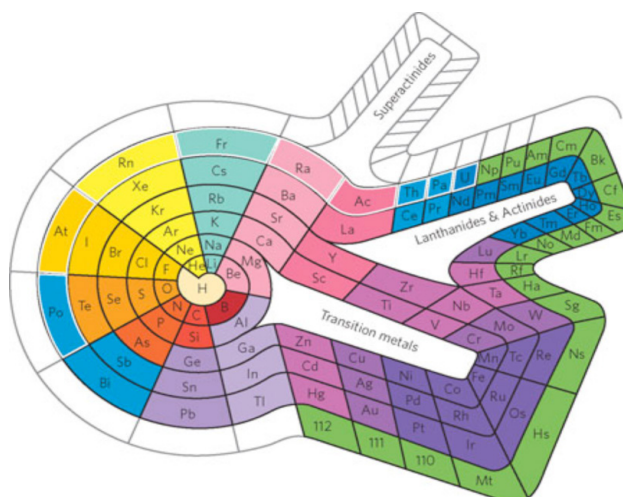


Figura 10. Tabla espiral de Theodor Benfey, de 1960, publicada en Nature Chemistry con permiso del autor.^[14]

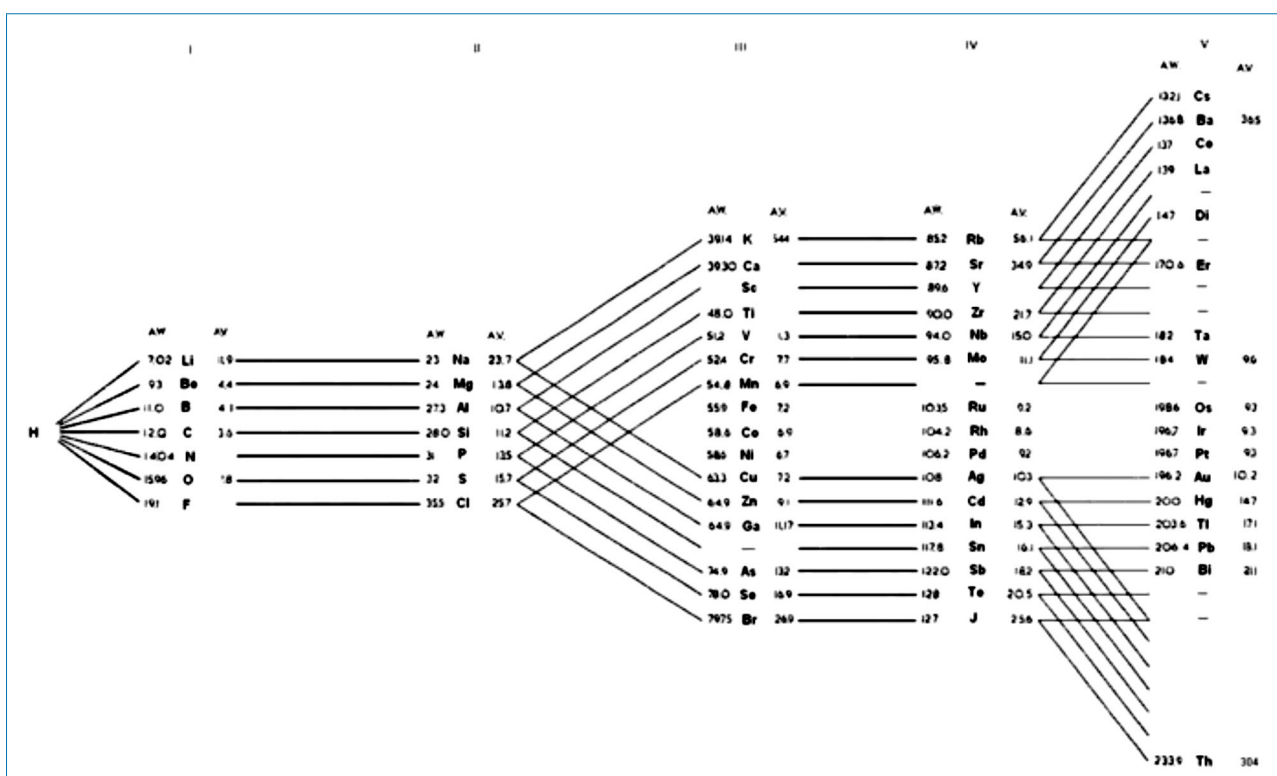


Figura 11. Tabla periódica de Bayley, 1882. Fuente: <http://www.xtec.cat/~bnavarr1/Tabla/castellano/bayley.htm>

EL SIGLO XX

Los avances en el conocimiento de la constitución del átomo, el descubrimiento de nuevos fenómenos y teorías físicas, la aplicación de la espectroscopia de masas, la construcción de los aceleradores de partículas, el desarrollo de la industria militar y espacial y la aparición de la informática han permitido descubrir más nuevos elementos en el siglo xx, aunque no tantos como en el siglo xix.

Por cuartos de siglo, del año 1901 al 1925 se descubrieron 5 elementos, de ellos el hafnio y el renio encajaban en

la ordenación de Mendeleiev, pero europio, lutecio y protoactinio no. En 1902, Brauner, discípulo de Mendeleiev, colocó todos esos elementos agrupados en una minitabla, después del lantano, dentro de la tabla periódica. Por tanto fue de los primeros en incluir la *familia de las tierras raras*.^[11]

En 1913 el británico Henry Moseley estudiando la frecuencia de las rayas de los rayos X emitidos por distintos átomos al ser bombardeados con electrones, comprobó que la raíz cuadrada de dicha frecuencia es proporcional al número atómico del elemento, que hasta entonces era solo el lugar que ocupaba un elemento en la tabla periódica

de Mendeleiev. Además, el descubrimiento de dos isótopos del neón por Thomson en 1913 demostró que la masa atómica no debía ser lo que caracterizase a los elementos. Moseley formuló la ley periódica moderna: “Las propiedades de los elementos son funciones periódicas de los números atómicos”.

En 1920, Chadwick demostró que el número atómico coincidía con el número de protones de cada elemento.

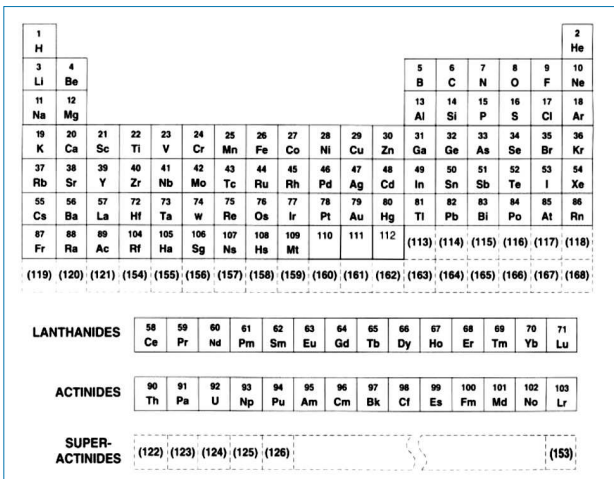
Con la tabla periódica ordenada en función del número atómico se resolvió el misterio de los elementos que estaban situados en orden incorrecto de masa atómica. Se debía a la contribución en su masa de los isótopos. Ordenados los elementos con respecto a su número atómico resultaban estar en orden. Por otra parte, el empleo de los números atómicos determinaba con precisión todos los elementos pasados por alto y también dejaba muy claro cuales se habían omitido.^[10]

Alfred Werner, premio Nobel de Química en 1913 por su trabajo sobre la teoría de coordinación de los compuestos complejos en 1905, elaboró una tabla con períodos largos, en los que están situados los metales de transición, entre los metales y no metales de los grupos principales. La tabla está estructurada según la configuración electrónica, que es la responsable de las propiedades de los elementos. Los elementos que presentan configuraciones electrónicas externas similares, quedan agrupados en columnas verticales llamadas familias o grupos. Friedrich Adolph Paneth sacó la serie de los lantánidos fuera de la tabla. Por entonces no se conocían la mayoría de los actínidos.^[11]

Del año 1926 al 1950 se descubrieron 10 elementos más, de los cuales tuvieron hueco en la tabla el tecnecio, primer elemento artificial, el francio, y el astato.^[15] El torio, protactinio, uranio y neptunio, estaban a continuación del actinio como elementos de transición.

El concepto de actínido fue propuesto por Glenn T. Seaborg en 1944 al darse cuenta de que en la separación de mezclas de iones complejos de dichos elementos con ciertos disolventes orgánicos mediante eluciones selectivas, el comportamiento de dichas mezclas era análogo al de los lantánidos, y que por ejemplo el plutonio no es semejante al renio como tendría que ocurrir si los transuránicos no formaran la serie 5f sino la 6d.^[16] En 1945 publicó una modificación de la tabla periódica en la que añadía una nueva serie de elementos químicos a continuación del actinio y debajo de los lantánidos, a los que denominó actínidos, proponiendo la existencia de la serie de los transactínidos (elementos 104 a 121), y de los superactínidos (elementos 122 a 153). (Figura 12). Entre 1940 y 1950 Seaborg colaboró en la búsqueda del plutonio, americio, curio, berquelio y californio, por lo que recibió el premio Nobel de Química en 1951.

Entre los años 1951 al 1975 se descubrieron 8 elementos más. En este período, Seaborg y colaboradores contribuyeron al descubrimiento del einstenio y el fermio (1952), del elemento 101 que recibió el nombre de mendelevio (1955), y del nobelio (1958). En 1997 el elemento de número atómico 106, sintetizado en 1974, recibió el nombre de seaborgio, siendo la primera vez que un elemento químico recibe el nombre de una persona viva.



1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	(113)	(114)	(115)	(116)	(117)	(118)
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Nh	Hs	Mt									
(119) (120) (121) (154) (155) (156) (157) (158) (159) (160) (161) (162) (163) (164) (165) (166) (167) (168)																	
LANTHANIDES																	
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
ACTINIDES																	
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				
SUPER-ACTINIDES																	
(122)	(123)	(124)	(125)	(126)											(153)		

Figura 12. La tabla periódica según Seaborg. Nota: En la página 45 del *Libro Rojo* de 1955 se recomiendan los nombres de actinoides o lantanoides, porque la terminación *-ide* de *actinoides* o *lantanoides* en inglés se puede confundir con el anión. Sin embargo, lantánidos y actínidos todavía son aceptados, y en español no suponen confusión. Fuente: <https://thespectrumofriemannium.wordpress.com>

El elemento 103 fue sintetizado en 1961 por el equipo de física nuclear del Lawrence Berkeley National Laboratory de la Universidad de California, dirigido por Albert Ghiorso. El equipo sugirió para el elemento el nombre lawrencio, en honor al físico estadounidense Ernest O. Lawrence, y el símbolo *Lw*, pero la IUPAC cambió el símbolo a *Lr* en 1963. Con este elemento se completó la serie de los actínidos y el elemento 104, sintetizado en 1964, fue colocado en el séptimo período a continuación del actinio en la tabla principal.

A partir de este elemento se generaron conflictos sobre el primer descubridor de los nuevos elementos y se decidió que, mientras la IUPAC resolviese el problema, se daría a los elementos un nombre provisional con tres letras que indicase su número atómico.^[17] En 1997 se adoptó el nombre de rutherfordio para el elemento 104 que en un principio se había denominado kurchatovio.

En 1985, la Comisión para la Nomenclatura de la Química Inorgánica de la IUPAC, propuso una nueva notación para los grupos de la tabla periódica cambiando los números romanos por los números arábigos del 1 al 18.^[17]

Entre los años 1976 y 2000 se descubrieron otros 9 elementos más. Al flerovio (1999) y al livermorio (2000), se les dio nombre en junio de 2012.^[11] Con lo cual la tabla periódica actual, a fecha 1 de mayo de 2013, es la de la Figura 13.

En la actualidad, solo cuatro países disponen de la tecnología y los equipos científicos adecuados para preparar nuevos elementos. Estos centros de investigación son: El Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), en California, EEUU; el Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) cerca de Darmstadt, Alemania; el Joint Institute for Nuclear Research (JINR) en Dubna, Rusia; y el Paul Scherrer Institute (PSI) en Villigen, Suiza.^[15]

En el año 2010 fue sintetizado, por primera vez, el elemento de número atómico 117, ununseptio, por un grupo de investigadores rusos y norteamericanos de la universi-

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen [1.007, 1.008]																	2 He helium 4.003																														
3 Li lithium [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.012	Key: atomic number Symbol name standard atomic weight										5 B boron [10.80, 10.83]	6 C carbon [12.00, 12.02]	7 N nitrogen [14.00, 14.01]	8 O oxygen [15.99, 16.00]	9 F fluorine 18.99	10 Ne neon 20.18																														
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium [24.30, 24.31]											13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon [28.08, 28.09]	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur [32.05, 32.08]	17 Cl chlorine [35.44, 35.46]	18 Ar argon 39.95																														
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.82	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine [79.90, 79.91]	36 Kr krypton 83.80																														
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.96(2)	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3																														
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium [204.3, 204.4]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.0	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon																														
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	114 Fl flerovium		116 Lv livermorium																																	
<table border="1"> <tr> <td>57 La lanthanum 138.9</td> <td>58 Ce cerium 140.1</td> <td>59 Pr praseodymium 140.9</td> <td>60 Nd neodymium 144.2</td> <td>61 Pm promethium</td> <td>62 Sm samarium 150.4</td> <td>63 Eu europium 152.0</td> <td>64 Gd gadolinium 157.3</td> <td>65 Tb terbium 158.9</td> <td>66 Dy dysprosium 162.5</td> <td>67 Ho holmium 164.9</td> <td>68 Er erbium 167.3</td> <td>69 Tm thulium 168.9</td> <td>70 Yb ytterbium 173.1</td> <td>71 Lu lutetium 175.0</td> </tr> <tr> <td>89 Ac actinium</td> <td>90 Th thorium 232.0</td> <td>91 Pa protactinium 231.0</td> <td>92 U uranium 238.0</td> <td>93 Np neptunium</td> <td>94 Pu plutonium</td> <td>95 Am americium</td> <td>96 Cm curium</td> <td>97 Bk berkelium</td> <td>98 Cf californium</td> <td>99 Es einsteinium</td> <td>100 Fm fermium</td> <td>101 Md mendelevium</td> <td>102 No nobelium</td> <td>103 Lr lawrencium</td> </tr> </table>																		57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0	89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium
57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0																																	
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium																																	

Figura 13. Tabla periódica actualizada por la IUPAC a 1 de mayo de 2013. Nótese que el nombre alternativo de wolframio, para el elemento de número atómico 74, que fue aislado por primera vez por los hermanos riojanos Elhuyar, ha sido suprimido en la última edición del *Libro Rojo* denominando al elemento tungsteno (versión inglesa), cuando el nombre de wolframio había sido adoptado oficialmente por la IUPAC en su 15ª conferencia, celebrada en Ámsterdam en 1949.^[18,19] Fuente: <http://www.iupac.org>.

dad de Dubna. Este nuevo elemento ha sido sintetizado también por un grupo de físicos del centro de investigación de Alemania GSI.^[20] En la actualidad la IUPAC exige que un nuevo elemento sea sintetizado por lo menos por dos laboratorios independientes antes de incluirlo en la tabla periódica.

Con este elemento se completan todos los espacios de la tabla periódica actual. Los nuevos elementos que se

descubran a partir de ahora necesitarán empezar el octavo período.

Algunos autores consideran que esta tabla periódica todavía presenta algunos fallos, por ejemplo la colocación del He, Lu y Lr, que no seguirían el criterio de configuración electrónica siguiendo el principio de exclusión de Pauli.^[21]

Una tabla periódica que se basa precisamente en mostrar las capas electrónicas de los elementos es la tabla Maya de los elementos, llamada así por su parecido con un antiguo calendario mesoamericano. Esta tabla intenta mostrar la reactividad de los elementos, las proporciones de éstos en los compuestos según los saltos que los elementos han de dar para conseguir la configuración de gas noble, e integra los elementos de transición con los demás al no dejarlos aparte (Figura 14).

CONCLUSIONES

Seguro que hasta aquellos que no han estudiado química, recuerdan haber visto alguna tabla periódica en el aula de su escuela, de su instituto, incluso en las aulas que aparecen en las películas o series de televisión. La clasificación de los elementos químicos constituye una base sólida, sistemática y deductiva para el estudio de la Química, por lo que su elaboración supuso un paso fundamental para el estudio de esta ciencia experimental. Ha sido un largo y complejo proceso en el que tomaron parte muchos científicos, gran número de los cuales no son conocidos, y otros a los que se les reconoció el mérito bastante después, siendo el químico ruso Mendeleiev el que ha pasado a la historia como principal autor.

Figura 14. Tabla Maya de los elementos de Match Fincher.^[22]

De una forma magnífica se colocan todos los elementos químicos de la naturaleza, de tal modo que sus propiedades van estableciéndose siguiendo el orden marcado por su número atómico y por su posición en la tabla. Como buen modelo científico, la tabla periódica tiene valor predictivo: a partir de las propiedades de algunos elementos podemos predecir las propiedades de otros simplemente por la posición que ocupan en la tabla, y capacidad explicativa, las propiedades químicas de los elementos se pueden explicar a partir de algo tan sencillo como su configuración electrónica.

Y siguiendo con el método científico, llegados hasta aquí se nos plantean nuevos interrogantes: ¿Se podrán seguir creando elementos con vida media superior a 10^{-4} s? ¿Cómo encajarán éstos nuevos elementos en la tabla de Seaborg? Si desde 1950 se han añadido 22 nuevos elementos, ¿se llenará en los próximos cincuenta años otra nueva fila con los elementos de configuración $5g$? La ciencia continuará...

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Names and symbols of the elements with atomic numbers 114 and 116 (IUPAC Recommendations 2012) *Pure Appl. Chem.* **2012**, Vol 84, 7, 1669–1672.
- [2] http://es.wikipedia.org/wiki/Descubrimiento_de_los_elementos_químicos
- [3] E. R. Geoffroy, *Table des differens rapports observees en chemie entre differentes substances*, Memoires de l'Academie Royale des Sciences, **1718**. 202-212.
- [4] I. Asimov, *Breve historia de la Química*. Alianza editorial. Madrid. **1985**, 48 y 131.
- [5] A. Lavoisier, *Tratado elemental de Química*. Imprenta Real. Madrid. **1798**, I, 8, 60-72 y II, 135.
- [6] J. Ibarz, J. A. Babor, *Química General Moderna*. Ed Marín. **1979**, 90.
- [7] *Vis tellurique*. Comptes rendus de l'Académie des sciences, **1862**, 54, 757–761.
- [8] G D. Hinrichs, *The proximate constituents of the chemical elements mechanically determined from their physical and chemical properties*. St Louis Mo., U.S. **1904**. 85-86.
- [9] C. A. Zapffe, "Gustavus Hinrichs, Precursor of Mendeleev". *Isis* **1969**, 60, 4, 461.
- [10] Asimov, *La búsqueda de los elementos*. Alianza editorial. Madrid. **1983**, 13, 97-99 y 118.
- [11] S. Esteban Santos, *La historia del sistema periódico*, UNED. Madrid, **2009**, 9, 199-206.
- [12] Guillespie, Humpreys, Baird, y Robinson. *Química*. Reverté. Madrid. **1990**. 898.
- [13] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1904/
- [14] M. Francl, Table manners. *Nat. Chem.* **2009**, 1, 97-98.
- [15] P. Román, Elementos químicos descubiertos en el siglo XX (1901-2000). *An. Quím.* **2001**, 3, 28-35.
- [16] L. Garzón, *De Mendeleiev a los superelementos: un estudio crítico de la ley periódica y una formulación de su estructura*. Universidad de Oviedo, **1988**, 61.
- [17] N. E. Holden, T. Coplen, The Periodic Table of the Elements. *Chem. Int.* **2004**, 26, 1.
- [18] G. C. Conelly, Damhus. T. Eds. *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005*. Prensas Univ. de Zaragoza, **2007**, 250.
- [19] Goya, P. Roman, P., Wolfram vs. Tunsten. *Chem. Int.* **2005**, 27, 4, 26-27.
- [20] J. Khuyagbaatar *et al.* $^{48}\text{Ca}+^{249}\text{Bk}$ Fusion Reaction Leading to Element $Z=117$: Long-Lived α -Decaying ^{270}Db and Discovery of ^{266}Lr . *Phys. Rev. Lett.*, **2014**, 112.
- [21] B. Schaeffer, *Journal of Modern Physics*, **2014**, 5, 117-122.
- [22] <http://www.mayanperiodic.com/>

Nota: Las páginas de internet a las que se hace referencia han sido consultadas entre octubre y diciembre de 2014.

XIII Premios Investigación Lilly para alumnos de doctorado

3 premios de 1.500€ para los alumnos de doctorado de las
Áreas de Química Orgánica, Farmacéutica y Analítica



21 de Junio de 2015

Finaliza el plazo para la recepción de candidaturas.

25 de Septiembre de 2015

Entrega de premios en las instalaciones de Lilly en Alcobendas (Madrid), y conferencia plenaria a cargo del Prof. David MacMillan (Princeton University, NJ, USA)

Bases de los premios y otros datos en <http://www.lilly.es/es/investigacion-y-desarrollo/fomento-de-la-investigacion/index.aspx>

Eli Lilly es una compañía farmacéutica global con centros de investigación en EEUU y Europa, líder en el descubrimiento, desarrollo y comercialización de nuevos medicamentos. El centro de I+D en Alcobendas, dedicado a Química Médica, Orgánica y Analítica, a través del Comité Europeo para Relaciones Académicas (EUACC), se complace en convocar en España los XIII Premios de Investigación para alumnos de doctorado.

Eli Lilly en Europa:

España: Alcobendas, www.lilly.es

Reino Unido: Windlesham, www.lilly.co.uk

Irlanda: Kinsale, www.lilly.ie



El profesor José Luis Mascareñas Cid recibe la Medalla de Oro de la RSEQ (2015)

La Real Sociedad Española de Química ha concedido su Medalla de Oro (2015) al profesor José Luis Mascareñas Cid “por sus contribuciones excepcionales en dos áreas diferentes de la Química: la Química Biológica y la Química Organometálica”. José Luis Mascareñas es catedrático en la Universidad de Santiago de Compostela y director científico del Centro Singular de Investigación en Química Biológica y Materiales Moleculares (CIQUS) de dicha Universidad.

José Luis Mascareñas recibió su título de doctor en Ciencias Químicas en 1988 bajo la supervisión de los profesores Antonio Mouriño y Luis Castedo. Realizó estancias postdoctorales en las Universidades de Stanford (profesor Paul Wender, años 1989-1990) y Harvard (profesor Greg Verdine, 1992). Ha sido “visiting Scholar” en la Universidad de Harvard, profesor visitante en la Universidad de Cambridge (2009) y en el MIT (2013). Fue nombrado profesor titular en la Universidad de Santiago de Compostela en 1993 y catedrático en 2005. Ha recibido el premio Jansen Cilag de Química Orgánica de la RSEQ y la medalla de oro de la Universidad de Santiago en 2013. Es fundador y presidente del grupo de Química Biológica de la RSEQ desde 2012. En 2014 recibió una Advanced Grant de la ERC para desarrollar investigaciones en la frontera entre la catálisis metálica y la biología química. Desde junio de 2014 es director del Centro para la Investigación en Química Biológica y Materiales Moleculares (CIQUS).

El profesor Mascareñas es miembro de diferentes “Editorial Advisory Boards” entre otros del *Asian Journal of Organic Chemistry*, desde 2011 y de *ChemBioChem* desde 2007. Adicionalmente es miembro del comité director del European Symposium on Bio-organic Chemistry (ES-BOC, UK), de la Escuela Marcial Moreno Mañas y del Iberian Peptide Meeting (EPI). Ha organizado distintas conferencias y reuniones científicas, y es presidente del comité científico de la XXXV Reunión Bienal de la RSEQ que se celebrará en A Coruña en julio de 2015.

José Luis Mascareñas ha publicado más de 150 artículos científicos, incluyendo 16 en *Journal of the American Chemical Society*, 12 en *Angewandte Chemie International*



Profesor José Luis Mascareñas

Edition, 8 en *Chemical Science* y 1 en *Nature Communications*. Ha escrito 15 patentes e impartido más de 100 conferencias plenarias o invitadas. Ha supervisado 24 Tesis Doctorales y a 11 postdoc. Cinco de sus estudiantes han recibido contratos Ramón y Cajal y cuatro el Premio Lilly a la mejor Tesis Doctoral.

Su investigación actual abarca un programa sintético dirigido al desarrollo de nuevos procesos catalizados por metales, y un programa de química biológica dirigido al desarrollo de nuevas tácticas para la detección y reconocimiento en ácidos nucleicos y proteínas, así como la aplicación de sistemas biológicos en catálisis.

Premios 2015 a la Excelencia Investigadora de la RSEQ

LA DOCTORA NÚRIA LÓPEZ

Núria López (Barcelona, 1972) es licenciada en Química con honores por la Universidad de Barcelona (1995) y obtuvo su doctorado en Química Teórica “cum laude” en la misma Universidad (1999). Después se trasladó al *Center for Atomic-scale Materials Physics* (Dinamarca), donde realizó un postdoctorado en el grupo del profesor Jens K. Nørskov. En 2001 regresó a la Universidad de Barcelona tras obtener una beca Ramón y Cajal. En 2004 obtuvo el reconocimiento de Profesora Distinguida por el DURSI en la categoría Junior (menores de 41 años de edad). En noviembre de 2005 se incorporó al ICIQ, donde actualmente dirige un grupo de investigación en Química Teórica centrado en el estudio de los mecanismos de reacción implicados en procesos de catálisis heterogénea. Es coautora de más de 120 publicaciones científicas con cerca de 5.000 citas. La doctora López ha obtenido una *ERC Starting Grant* para llevar a cabo el proyecto de 5 años *Bio2chem-d: Biomass to chemicals: Catalysis design from first principles for a sustainable chemical industry*,



Doctora Núria López

financiado por el Consejo Europeo de Investigación. Es miembro del Consejo Asesor Editorial de *ACS Catalysis* y editora de *Surface Science Reports*.

PROFESOR RUBÉN MARTÍN

Rubén Martín nació en Barcelona (1976). En 2013, recibió su tesis doctoral por la Universidad de Barcelona bajo la supervisión del profesor Antoni Riera Escalé. En 2014,



Profesor Rubén Martín

se trasladó al Max Planck Institut für Kohlenforschung (Mülheim an der Ruhr) como becario postdoctoral Humboldt en el grupo del profesor Alois Fürstner. En 2015, realizó su segunda estancia postdoctoral como becario MEC-Fulbright en el grupo del profesor Stephen L. Buchwald. En septiembre de 2008, empezó su carrera independiente en el Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ) como “group leader”. La investigación de su grupo se basa principalmente en el desarrollo de nuevas metodologías catalíticas para la activación de enlaces C-H, C-O, C-C y de la molécula de CO₂ para preparar compuestos de alto valor añadido de interés académico e industrial. En 2013, el profesor Rubén Martín fue promovido a Profesor Asociado y seguidamente a Profesor de Investigación ICREA. Por lo que respecta a sus indicadores de investigación, el profesor Rubén Martín ha sido invitado a 75 conferencias/universidades o centros de investigación desde 2009, tiene un índice H = 27 y una citación media de 77.80 por publicación. La investigación llevada a cabo en el ICIQ se ha premiado con los siguientes galardones: 2010 (Premio jóvenes investigadores-RSEQ); 2011 (Thieme Chemistry Journal Award); 2011 (Premio Lilly de jóvenes investigadores); 2011 (ERC-Stg-European Research Council Starting Grant); 2012 (ACS Emerging Young Academic Investigator).

PROFESOR KILIAN MUÑIZ

El doctor Kilian Muñiz nació en 1970 en Hildesheim, Alemania y se educó en las Universidades de Hannover, Oviedo y en el Imperial College de Londres. Obtuvo su doctorado del RWTH en Aquisgrán en 1998. Después de su estancia postdoctoral con el premio Nobel Ryoji Noyori en la Universidad de Nagoya comenzó su carrera investigadora de forma independiente en la Universidad de Bonn. Consiguió el Premio ADUC al mejor habilitando y defendió su tesis de habilitación en 2005. A los 35 años, fue nombrado Catedrático en la Universidad de Estrasburgo, donde fue elegido para el Instituto Universitario de Francia en el 2008. En 2009, se incorporó al Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ) como Group Leader y fue nombrado Profesor de Investigación ICREA en 2010. En enero 2015 rechazó una cátedra de Química Orgánica en la Universidad de Constanza a favor del ICIQ. Durante los últimos años en Tarragona, Kilian Muñiz ha desarrollado una investigación fundamentalmente nueva que explora un amplio número de reacciones de aminación oxidante de hidrocarburos.



Doctor Kilian Muñiz

PROFESORA CONCEPCIÓ ROVIRA

Concepció Rovira Angulo es profesora de Investigación del CSIC en el Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y Ciber-BBN. Se licenció en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona, y realizó su

doctorado en el CID-CSIC en Barcelona en el campo de los radicales orgánicos. Llevó a cabo una estancia postdoctoral con el profesor D. O. Cowan en la Johns Hopkins University (Maryland, EE. UU.) trabajando en conductores orgánicos, línea que continuó a su vuelta a Europa. Su interés investigador se centra en materiales moleculares funcionales y en la nanociencia molecular; en particular en los campos de la electrónica molecular, la ingeniería cristalina, auto-ensamblaje supramolecular, los procesos de transferencia de electrones y magnetismo molecular. Asimismo ha realizado importantes contribuciones en el desarrollo de nuevos métodos de procesamiento para la estructuración de los materiales moleculares funcionales en superficies. Todas estas líneas de investigación son eminentemente interdisciplinarias, ya que van desde la síntesis orgánica de las moléculas funcionales a la preparación de materiales y la fabricación de dispositivos y su caracterización. Por ello, se desarrolla mayoritariamente dentro de proyectos europeos colaborativos. Por su experiencia es miembro del consejo asesor de varios congresos de electrónica molecular y revistas como *CrystEngComm*. Asimismo es autora de más de 300 publicaciones en revistas de prestigio, más de 10 patentes y entre otras distinciones, también recibió el Premio “Giamician- González” de la Società Chimica Italiana en el año 2009 y el Premio “Distinguished woman in chemistry and chemical engineering” de la IUPAC en 2013.



Profesora Concepció Rovira

EL PROFESOR FÉLIX ZAMORA

Félix Zamora es profesor titular del departamento de Química Inorgánica de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), investigador asociado del IMDEA Nanociencia y miembro del instituto Condensed Matter Physics Center (IFIMAC). Realizó su tesis doctoral bajo la supervisión de la profesora C. Navarro-Ranninger (UAM). Estancias postdoctorales en la Universidad de Dortmund (Alemania), con el profesor B. Lippert, y en la Universidad de Virginia. Finalmente, se reincorporó a la UAM trabajando en el grupo de la profesora Esther Delgado. Su grupo de investigación, "Nanomaterials" (www.nanomater.es), trabaja en la preparación y caracterización de nuevos nanomateriales con propiedades multifuncionales: polímeros de coordinación monodimensionales con propiedades eléctricas, con estructura laminar para generar láminas de espesor nanométrico. Dicha actividad ha dado lugar a la publicación de más de 110 trabajos en revistas científicas y 6 patentes. Ha realizado estancias como profesor visitante en el Nanoscience Laboratory (Universidad de Newcastle), y en el Graphene Center y la National University de Singapur.



Profesor Félix Zamora

Premio Jóvenes Investigadores 2015 de la RSEQ

JULIO LLORET FILLOL



Julio Lloret Fillol

Julio Lloret Fillol nació en Carcaixent (Valencia) en 1977. Obtuvo el grado de doctor en 2006 por la Universidad de Valencia bajo la supervisión del profesor Pascual Lahuerta y la profesora Julia Perez-Prieto, trabajando en la síntesis de compuestos quirales organometálicos dinucleares de rodio (II), sus aplicaciones catalíticas y estudios teóricos. En diciembre de 2006 se trasladó al grupo del profesor Lutz H. Gade en la Universidad de Heidelberg (Alemania) como becario postdoctoral del Ministerio de Educación y Ciencia (2006-2008) y con una Marie Curie IEF (2008-2010). Su trabajo se centró principalmente en catálisis enantioselectiva y en el estudio de los mecanismos de reacción con complejos organometálicos de titanio, zirconio y hafnio. En abril del 2010, se unió a la Universidad de Girona como Ramón y Cajal y recientemente al Institut de Química Computacional i Catàlisi como líder de grupo de investigación joven (www.stark.udg.edu/juliolloret). En 2014 fue galardonado con el Premio a Jóvenes Investigadores del GEQO. Actualmente, sus líneas de investigación se focalizan en el desarrollo de la catálisis sostenible y la activación de pequeñas moléculas.



Moisés Gulías Costa

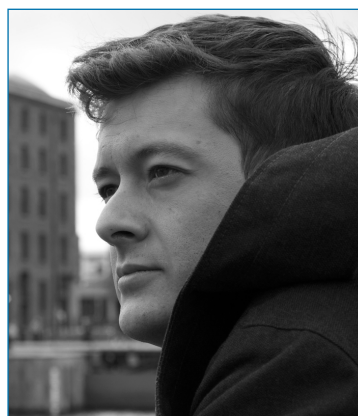
MOISÉS GULÍAS COSTA

Moisés Gulías Costa se licenció en Química en la Universidad de Santiago de Compostela en el año 2001 y obtuvo el título de doctor con Premio Extraordinario de Doctorado en el año 2006 en la misma Universidad, bajo la supervisión del profesor José L. Mascareñas. Durante su tesis doctoral realizó una estancia en la Universidad de Stanford (2004) con el profesor B. M. Trost.

Entre el 2007 y 2009 fue becario postdoctoral Marie Curie en el grupo del profesor Matthew J. Gaunt, en la Universidad de Cambridge (Reino Unido). En el año 2010 se incorporó al Centro Singular de Investigación en Química Biológica y Materiales Moleculares (CiQUS) de la Universidad de Santiago de Compostela como investigador Parga-Pondal. Su trayectoria ha sido reconocida con el premio Thieme Chemistry Journal Award del 2015. Sus intereses científicos se centran en el desarrollo de nuevos métodos de síntesis basados en la funcionalización de enlaces carbono-hidrógeno con catalizadores metálicos.

ROCIO PONCE

Rocio Ponce se licenció en Ingeniería Química por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga en 2003. A continuación, se integró con una beca FPDeI (Junta de Andalucía) en el grupo de investigación del profesor Juan Teodomiro López Navarrete y defendió su tesis doctoral en febrero de 2008. Desde octubre de 2008 hasta octubre de 2011, realizó una estancia postdoctoral en el grupo de investigación del profesor Tobin J. Marks en Northwestern University (Illinois, USA), gracias a la concesión de una beca postdoctoral del MICINN y una beca europea Marie Curie IOF (International Outgoing Fellowship). Fruto de esta etapa postdoc fueron la publicación de 23 artículos de investigación en revistas de alto prestigio, 3 artículos de revisión y un capítulo de libro. En octubre de 2011 se reincorporó a la Universidad de Málaga, consiguiendo un contrato Ramón y Cajal en noviembre de 2013. Recientemente se ha concedido a la doctora Ponce una Bolsa de Investigación L’Oreal-UNESCO “For Women in Science”.



Carlos Martí-Gastaldo

CARLOS MARTÍ-GASTALDO

Carlos Martí-Gastaldo se licenció en Químicas en la Universidad de Valencia, recibiendo el Premio Extraordinario de Licenciatura. Completó su tesis doctoral en el Instituto de Ciencia Molecular (ICMol) bajo la dirección de los profesores Eugenio Coronado y J. R. Galán Mascarós en 2009, recibiendo el premio extraordinario de doctorado. En 2010 obtuvo una Marie Curie y se trasladó a la Universidad de Liverpool (Reino Unido) para trabajar en el grupo del profesor Matthew J. Rosseinsky. Durante este período trabajó en el desarrollo de MOFs biomiméticos basados en péptidos. En 2013 inició su carrera científica independiente tras recibir una URF Fellow de la Royal Society of Chemistry. En 2014 se incorporó al ICMol como investigador Ramón y Cajal para desarrollar MOFs estables para su aplicación en fotocatalisis, transporte iónico y aplicaciones optoelectrónicas. Carlos es coautor de más de 50 trabajos publicados en revistas de alto impacto y ha sido reconocido con premios, como el “Young Researcher Olivier Kahn Recognition Award” (2009), el “NanoMatMol” (2010), el “Suschem Postdoc” (2011) o el “Premio Científico-Técnico Ciudad de Algemesi” (2015).



Rocio Ponce

Premio a Tareas Educativas y Divulgativas a Profesores de Enseñanzas Preuniversitarias

María Luisa Prolongo Sarria es licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Málaga (1991) y ha trabajado como profesora de Enseñanza Secundaria en diversos institutos de Madrid y Andalucía desde 1992. Actualmente es Jefa del Departamento de Física y Química del IES Manuel Romero (Villanueva de la Concepción, Málaga). Ha participado en diversos proyectos de innovación educativa, destacando trabajos en los que los alumnos adquieren competencias básicas a través de investigaciones realizadas con materiales cotidianos (bebidas, alimentos, productos de limpieza, medicamentos, fertilizantes, caramelos...). Los resultados de estos trabajos se han presentado en cerca de 20 congresos y publicaciones (*Anales de Química, Educació Química e International Journal of Engineering Pedagogy...*). También los ha expuesto con sus alumnos en más de veinte ferias y certámenes científicos, por lo que ha recibido varios premios. Participa activamente en varios grupos y foros de Enseñanza de las Ciencias Experimentales y de Divulgación Científica.



Profesora María Luisa Prolongo Sarria

La profesora Evamarie Hey-Hawkins recibe el Premio Elhuyar-Goldschmidt



Profesora Evamarie Hey-Hawkins

La profesora Hey-Hawkins es Catedrática de Química Inorgánica de la Universidad de Leipzig desde el año 1993 y desde ese momento está liderando la investigación de su grupo en muy distintas áreas científicas, con especial interés en la química de compuestos funcionalizados con ligandos fosfina y derivados ricos en fósforo, así como en la química de carbaboranos y las aplicaciones catalíticas y biológicas de compuestos mono y multinucleares de metales de transición.

En su trabajo de investigación ha sido capaz de llevar a cabo combinaciones perfectas de síntesis orgánicas, inorgánicas y organometálicas aplicadas en catálisis, química de materiales, química bioinorgánica y bioorgánica. Dentro de su carrera científica existen dos elementos químicos básicos que definen su actividad, el fósforo y el boro. Ha publicado más de 400 artículos y ha llevado a cabo importante contribuciones en prestigiosos libros. Como consecuencia de su alto nivel científico es miembro de varios Consejos Editoriales y ha sido galardonada en 2013 por la IUPAC con el "Distinguished Woman in Chemistry Award". La profesora Hey-Hawkins ha impartido más de 250 presentaciones orales en instituciones nacionales o internacionales y en congresos científicos de alta repercusión y tiene una visibilidad a nivel internacional muy amplia, pues pertenece a numerosas redes de química de fósforo y de boro.

El profesor João Rocha recibe el Premio Madinaveitia-Lourenço



Professor João Rocha

El profesor João Rocha, Catedrático de Química Inorgánica de la Universidad de Aveiro (Portugal), es miembro de la Academia de Ciencias Europea y de la Academia de Ciencias de Lisboa, dirigiendo desde su fundación el Centro para la Investigación en Cerámica y Materiales Compuestos (CICECO), que agrupa actualmente a unas 400 personas. Miembro de varias sociedades científicas internacionales, comités editoriales, comités institucionales y paneles de evaluación, forma parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Portugal, poseyendo el Premio a la Excelencia Científica (2004) de la Fundación Portuguesa para la Ciencia.

Doctor por la Universidad de Cambridge (UK), donde trabajó en la aplicación de la resonancia magnética nuclear en estado sólido al estudio de la caolinita y materiales relacionados, se incorporó a principios de los años 90 al Departamento de Química de la Universidad de Aveiro, habiendo publicado hasta la actualidad alrededor de 450 artículos científicos ($h = 51$) y más de 20 capítulos de libros, siendo además coautor de varias patentes y conferenciante invitado en múltiples eventos científicos.

Una buena parte de su trabajo de investigación la ha focalizado en el estudio de materiales micro- y meso-porosos, incluyendo silicatos bi- y tri-dimensionales, redes metal-orgánicas, híbridos órgano-inorgánicos, polioxometalatos, sílicas mesoporosas tipo MCM, y óxidos de elementos lantánidos.

El profesor Ferenc Joó recibe el Premio Gamboa-Winkler

El profesor Ferenc Joó ha sido galardonado con el “Premio Gamboa-Winkler” de la Real Sociedad Española de Química, correspondiente al año 2015, en reconocimiento a su destacada trayectoria investigadora. Ferenc Joó, uno de los químicos húngaros de mayor prestigio internacional, es en la actualidad Chair del Institute of Physical Chemistry de la Universidad de Debrecen (Hungria), donde ha desarrollado gran parte de su carrera científica. También ha sido profesor visitante en las universidades de Jerusalén (The Hebrew University, Israel), de Zaragoza, de Lausanne (EPFL, Suiza) y de Toulouse (ENSC, Francia), entre otras.

La investigación del profesor Joó abarca diferentes temáticas en el campo de la Química Organometálica y de la Catálisis. En particular, es considerado como uno de los pioneros mundiales de la catálisis organometálica en medio acuoso. Destacan también sus contribuciones sobre estudios cinéticos de reacciones catalíticas. Ha publicado más de 170 artículos en revistas científicas, es co-autor de 15 patentes, y editor de 3 libros. Es miembro del International Advisory Board de la serie de congresos *International Symposium on Homogeneous Catalysis* y de las revistas científicas *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, *Catalysis Communications* y *ChemCatChem*. Es miembro de la Society of Hungarian Chemists, de la American Chemical Society, y de la Hungarian Society of Natural Science.



Professor Ferenc Joó

Ferenc Joó ha sido vice-presidente de la Sección de Química de la Academia Húngara de Ciencias (2004-2011), y es actualmente su presidente (desde 2011). Ha

recibido numerosos premios nacionales e internacionales, entre los que destacan el *Buzágh Award* de la Academia Húngara de Ciencias, el “*Master Teacher*” Award del Comité Nacional de Desarrollo Técnico de Hungría, el *Apáczai-Csere Prize* del Ministerio de Educación Húngaro, el *Széchenyi Prize* otorgado por el Presidente de la República de

Hungría, el *Alcoa Szilárd Leó Prize* del Ministerio de Cultura y Educación Húngaro, la *Condecoración “Alejo Zuloaga”* de la Universidad de Carabobo (Valencia, Venezuela), el *Arnold Ipolyi Prize* de la Agencia Nacional de Investigación Húngara, y el *Széchenyi Prize*, la más alta condecoración científica en Hungría.

Premio Salvador Senent del Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química a la profesora Pilar Amo-Ochoa

Es doctora en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid, realizó su estancia postdoctoral en la Universidad de Dortmund (Alemania). A su vuelta, se incorporó a trabajar en la Universidad Pontificia Comillas. Posteriormente, fue profesora en la Universidad Alfonso X “el Sabio” y en la Universidad Complutense de Madrid, durante estos años tuvo una gran actividad docente. Actualmente es Profesora Titular de la Universidad Autónoma de Madrid, combinando su actividad docente con la investigadora. Ha participado en 12 proyectos de Investigación, tanto nacionales como internacionales, publicando cerca de 50 artículos científicos en revistas de alto índice de impacto. También ha colaborado en proyectos de innovación y mejora de la calidad docente. Desde el año 2012 coordina el proyecto de divulgación científica, titulado “Conocer la Ciencia Hoy Abre las Puertas del Mañana”, que actualmente va por su 4º edición (www.nanomadrid.es) y en el que participan más de 17 profesores de distintas universidades y fundaciones, realizando talleres científico-divulgativos en distintos centros educativos.



Profesora Pilar Amo Ochoa

Medallas del Grupo Especializado de Química Orgánica de la RSEQ (Convocatoria 2015)

El Grupo Especializado de Química Orgánica (GEQOR) de la RSEQ ha concedido las medallas Fèlix Serratosa e Ignacio Ribas en su convocatoria de 2015.

La medalla Fèlix Serratosa, en reconocimiento a toda una trayectoria profesional especialmente destacada a la Química Orgánica nacional e internacional, ha sido concedida a la profesora Mercedes Amat, de la Universidad de Barcelona.

La medalla Ignacio Ribas, en reconocimiento a una trayectoria profesional ascendente en la Química Orgánica nacional e internacional, ha sido concedida al profesor Juan Manuel Cuerva, de la Universidad de Granada.

El acto de entrega de estos galardones tendrá lugar durante la XXXV Reunión Bienal de la RSEQ que se celebrará en A Coruña el próximo mes de julio.

La profesora Mercedes Amat (Castellón, 1956) estudió Farmacia en la Universidad de Barcelona, donde se licenció en 1979 y realizó su Tesis Doctoral (1984) bajo la dirección del profesor Joan Bosch. Tras una estancia postdoctoral como becaria Fulbright con el profesor Richard J. Sundberg en la Universidad de Virginia, fue Profesora Titular (1986) y luego Catedrática (1997) en la Universidad de Barcelona, donde ha sido Directora del Departamento de Farmacología y Química Terapéutica (2005-2013). Su investigación se ha centrado en el desarrollo de metodología sintética encaminada a la síntesis enantioselectiva de compuestos nitrogenados, y en su aplicación a la síntesis de alcaloides y compuestos bioactivos de elevada complejidad estructural. Fruto de este trabajo ha descrito síntesis totales



Profesora Mercedes Amat



Profesor Juan Manuel Cuerva

o formales de numerosos alcaloides en forma enantiopura. Ha dirigido una veintena de tesis doctorales y desde el año 2000 ha liderado de manera ininterrumpida proyectos de investigación del Plan Nacional.

El profesor Juan Manuel Cuerva (Granada, 1969) estudió Ciencias Químicas en las especialidades de Química Orgánica y Química Técnica en la Universidad de Granada, donde se licenció en 1992. Realizó su tesis doctoral (1997) en la Universidad Autónoma de Madrid bajo la dirección del profesor Antonio M. Echavarren. En 1998 se incorporó a la Universidad de Granada, donde es profesor titular de Universidad desde 2003. En 2013 recibió la acreditación Nacional al cuerpo de Catedráticos de Universidad. Es director del grupo de investigación “Química Organometálica y Electrónica Molecular”, reconocido por la Junta de Andalucía. Ha dirigido 13 tesis doctorales y desde 2011

lidera proyectos del Plan Nacional. Su investigación se ha centrado en el desarrollo de metodología sintética basada en química radicalaria y en su aplicación a la síntesis de productos naturales. Recientemente, se ha interesado en el desarrollo de nuevos materiales y/o sondas moleculares con particular aplicación en biosalud y nanoelectrónica.

La convocatoria del 2015 ha sido la quinta edición de las distinciones del GEQOR. En ediciones anteriores, la medalla Fèlix Serratosa se otorgó a los profesores José Luis García Ruano (2011), Miguel Yus (2012), Ricardo Riguera (2013) y Gregorio Asensio (2014). A su vez, la medalla Ignacio Ribas fue concedida a los profesores Fernando P. Cossío (2011), Carlos Saá (2012), Miguel Ángel Sierra (2013) y Juan R. Granja (2014).

JOAN BOSCH, Presidente del GEQOR

XXXIII reunión del Grupo Especializado de Química Organometálica (GEQO) de la RSEQ “Premios GEQO 2015”

La celebración de la XXXIII reunión del Grupo Especializado de Química Organometálica (GEQO) de la RSEQ, tuvo lugar en el salón de actos de la facultad de Matemáticas de la Universidad Complutense de Madrid, el día 14 de mayo de 2015. Esta reunión -con un formato poco habitual, ya que tan sólo duró un día- contó con casi 170 participantes. La clave de la alta participación fue sin duda el excelente panel de oradores, que contó con Avelino Corma y Joost Reek entre los conferenciantes plenarios, y Juan Forniés, Elena Fernández y Carmen Claver, entre los conferenciantes de sesión.

Finalizadas las jornadas científicas se concedieron los premios GEQO-2015, que en esta segunda edición recayeron sobre los investigadores Carmen Claver (Medalla de Oro), Victorio Cadierno (Excelencia Investigadora) y Pa-

blo García Álvarez (Jóvenes Investigadores). Posteriormente se realizó la Reunión de la Junta del GEQO.

Toda la organización del evento no podría haberse realizado sin el apoyo de instituciones privadas y públicas, como la facultad de Matemáticas de la UCM, que cedió el salón de actos, Lilly, que financió la conferencia del profesor Avelino Corma, y el grupo de Química Organometálica de la Universitat Jaume I, que aportó el material impreso y colaboró activamente en las tareas de inscripción y la logística del evento. La organización de la reunión corrió a cargo de la actual Junta Directiva del GEQO, formada por Eduardo Peris (Presidente), Zoraida Freixa (Vicepresidenta), Gregorio Guisado-Barrios (Secretario), M. Carmen Nicasio (Vocal), Montserrat Gómez (Vocal) y Eduardo Sola (Vocal).



Participantes en la XXXIII Reunión Bienal del GEQO. Universidad Complutense de Madrid, 14 de mayo de 2015

PROFESORA CARMEN CLAVER (MEDALLA DE ORO DEL GEQO)

Carmen Claver es catedrática de Química Inorgánica de la Universidad Rovira i Virgili (URV) de Tarragona (España), cargo que ha ocupado desde el año 1991. Recibió su doctorado en 1978 en la Universidad de Zaragoza bajo la dirección del profesor Luis Oro Giral, en el campo de la química organometálica y la catálisis homogénea. Su investigación tiene como objetivo el desarrollo y optimización de nuevos catalizadores. Desde 1985 dirige el grupo de investigación "Organometálicos y Catálisis Homogénea" en la Universidad Rovira i Virgili en Tarragona. Durante muchos años su investigación se ha enfocado en la síntesis de ligandos y complejos y en la caracterización de productos intermedios, centrándose principalmente en la catálisis enantioselectiva. En los últimos años como resultado de recientes colaboraciones y de su actividad en proyectos europeos y contratos industriales la investigación se ha extendido a la inmovilización de catalizadores homogéneos y a la utilización de nanopartículas metálicas en catálisis. Es coautora de más de 250 artículos internacionales, y ha participado en la edición y publicación de varios libros. Desde 2009 es directora científica del Centro Tecnológico de Química de Cataluña, CTQC. Ha recibido varios premios científicos siendo reconocida en 2003 como investigador distinguido por el Gobierno Catalán, "Chaire Pierre de Fermat" en Francia en 2009 y "Ciamician-Gonzalez" Lecturer en 2014.

DOCTOR VICTORIO CADIerno (PREMIO GEQO A EXCELENCIA INVESTIGADORA)

Victorio Cadierno nació en Oviedo en 1969. Se licenció en Ciencias Químicas por la Universidad de Oviedo (1992) donde obtuvo su grado de Doctor (1996) bajo la dirección

del profesor José Gimeno. La investigación realizada durante su tesis doctoral versó sobre la química de complejos metala-cumuleno de rutenio. Tras una estancia posdoctoral (1997-1999) en el Laboratoire de Chimie de Coordination del CNRS (Toulouse, Francia), donde trabajó bajo la supervisión del profesor Jean-Pierre Majoral, se reincorporó al Departamento de Química Orgánica e Inorgánica de la Universidad de Oviedo, primero como Profesor Asociado (1999-2003), posteriormente como Investigador Ramón y Cajal (2003-2008), Profesor Contratado Doctor (2008-2009) y, finalmente, como Profesor Titular (2010), puesto que desempeña actualmente. Sus líneas actuales de trabajo se centran en la química de complejos organometálicos y sus aplicaciones en catálisis homogénea. Es co-editor de un libro y coautor de 15 capítulos de libro. Ha publicado más de 150 artículos en revistas internacionales y acumula más de 4500 citas. En 2002, recibió el Premio de Investigador Novel de la RSEQ.

DOCTOR PABLO GARCÍA ÁLVAREZ (PREMIO GEQO A JÓVENES INVESTIGADORES)

Pablo García Álvarez nació en Fabero del Bierzo (León) en 1979. Se doctoró en 2006 por la Universidad de Oviedo bajo la dirección del profesor Javier A. Cabeza. Su tesis se centró en el estudio de clusters de rutenio de alta nuclearidad derivados de aminopiridinas. En 2007 comenzó una estancia postdoctoral en la Universidad de Strathclyde (Glasgow, Reino Unido) trabajando en el grupo del profesor Robert. E. Mulvey como becario postdoctoral del Ministerio de Educación y Ciencia (2007-2008) y con una Marie Curie IEF (2008-2010). Durante su estancia en Glasgow trabajó con bases metálicas mixtas de elementos representativos, destacando sus trabajos con reactivos tipo



Acto de entrega de la segunda edición de los Premios GEQO. De izquierda a derecha: doctor Pablo García-Álvarez (Jóvenes Investigadores), doctor Víctorio Cadierno (Excelencia Investigadora) y profesora Carmen Claver (Medalla de Oro del GEQO)

Turbo-Grignard. En mayo de 2010 volvió a la Universidad de Oviedo, primero como investigador Juan de la Cierva (2010-2013) y posteriormente como Investigador Ramón y Cajal (2014-actualidad). Actualmente, sus líneas de investi-

gación se centran en el desarrollo de la química de coordinación derivada de sililenos, germilenos y estannilenos y en su posible aplicación en catálisis. Es autor de más de 60 artículos internacionales.

El profesor Luis Manuel Liz-Marzán recibe premio Rey Jaime I a la Investigación Básica

El profesor Luis Manuel Liz-Marzán (Lugo 1965) ha recibido el premio Rey Jaime I a la Investigación Básica por “su contribución a la ciencia de materiales, relacionando química y biología”. El doctor Liz-Marzán es profesor de Investigación Ikerbasque y Director Científico en el Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales, CIC biomaGUNE en San Sebastián. Es doctor en Química por la Universidad de Santiago de Compostela (1992) y ha realizado estancias de investigación en las Universidades de Utrecht (pos-doc 1993-1995), Tohoku, Michigan, Melbourne, Hamburgo y en el Instituto Max Planck de Coloides e Interfases. Fue catedrático en la Universidad de Vigo desde 1995 a 2012. En la actualidad dirige el grupo de BioNanoPlasmonica.

La investigación de Luis Liz-Marzán se dirige a la síntesis y mecanismos de formación (plamónica) de nanopartículas metálicas con compsiación contralada en tamaño, forma y morfología, la creación de materiales coloidales incluyendo nanoestructuras de carbono funcionalizadas, etc. Con más de 23.000 citas, es el investigador español más citado en el campo de Ciencia de Materiales y uno de los diez primeros en Química.

Entre otras distinciones, el profesor Liz-Marzán cuenta con la Medalla de la RSEQ del año 2014.



Profesor Luis Manuel Liz-Marzán

El doctor José Alemán recibe el Premio Lilly Joven Investigador 2015

La Real Sociedad Española de Química ha concedido el Premio Lilly Joven Investigador 2015 a José Alemán como reconocimiento a su carrera científica destacada. Este galardón que reconoce a los jóvenes investigadores españoles menores de 40 años que destacan por su excelente calidad científica y trayectoria profesional. El galardonado impartirá la Conferencia Lilly en la XXXV Bienal de Química que se celebrará del 19 al 23 de julio en A Coruña.

José Alemán defendió su Tesis Doctoral en el año 2006 en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) bajo la supervisión del profesor García Ruano en el campo de la síntesis asimétrica, realizando durante la misma una estancia predoctoral de seis meses (2003) en el laboratorio del profesor Padwa (Emory University). Tras realizar una estancia postdoctoral con el profesor Jørgensen (2006-2008) trabajando en organocatálisis, se incorporó al grupo de la profesor Navarro-Ranninger en el área de Química Bio-inorgánica (2008-2009). Desde el 2010 es Investigador Ramón y Cajal en el Departamento de Química Orgánica de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Su investigación se centra principalmente en la catálisis asimétrica, química del azufre y la química bioinorgánica, siendo autor de 90 publicaciones científicas. Ha sido galardonado con el premio Lilly al mejor alumno de doctorado (2005), premio a la mejor Tesis Doctoral de la UAM (2006) y el premio Sigma-Aldrich a jóvenes investigadores de la RSEQ (2013). Recientemente, ha recibido del Consejo Europeo de Investigación



Doctor José Alemán

(ERC) una "Consolidator Grant (ERC-CoG-2014)" para desarrollar nuevos métodos de catálisis que sean más respetuosos con el medio ambiente con el nombre "Unconventional Bifunctional Catalysts"

Pedro J. Pérez, catedrático de la UHU, galardonado por la Royal Society of Chemistry

Pedro José Pérez nació en Aroche (Huelva) en 1965. Tras doctorarse en Química por la Universidad de Sevilla en 1991, marchó por dos años en la University of North Carolina (EE. UU.) para realizar una estancia postdoctoral, de donde regresó a España para incorporarse a la Universidad de Huelva en 1993. Desde entonces ha desarrollado su carrera independiente como investigador en el área de la catálisis homogénea, dirigiendo quince tesis doctorales y una docena de proyectos de investigación con una financiación obtenida en convocatorias públicas competitivas mediante evaluación curricular que alcanza los tres millones de euros en total. Desde su inicio como investigador independiente y director de grupo de investigación en la universidad onubense (1995) ha publicado



Pedro Pérez

unos 125 artículos en revistas científicas internacionales y ha sido editor de varios libros. Su presencia como en los principales congresos internacionales del área de la catálisis homogénea es continua, habiendo impartido un centenar de conferencias.

La trayectoria científica e investigadora del catedrático de la Onubense ha sido reconocida por la Real Sociedad

Española de Química con el Premio de Química Inorgánica. Más recientemente ha sido nombrado Académico Correspondiente Nacional de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. El pasado año la Royal Society of Chemistry lo distinguió con la categoría de Fellow. Pedro Pérez es el primer español que recibe el *Homogeneous Catalysis Award* de la RSC.

Carmen Nájera recibe el IUPAC 2015 Distinguished Woman in Chemistry

Carmen Nájera Domingo realizó sus estudios de Química en la Universidad de Zaragoza en 1973 y su tesis doctoral en la Universidad de Oviedo en 1979. Realizó estancias postdoctorales en la ETH (Zurich, Suiza), Universidad de Oxford (Reino Unido), Harvard University (EE. UU.) y Uppsala University (Suecia). Se promovió a Profesora Titular en 1985 en la Universidad de Oviedo y a Catedrática en 1993 en la Universidad de Alicante. Es miembro del Comité Científico de varias revistas internacionales como ChemCatChem, Synthesis, Synlett, European Journal of Organic Chemistry, Tetrahedron: Asymmetry, Reports in Organic Chemistry and Letters in Organic Chemistry. Ha recibido los siguientes premios: “Premio de Química Orgánica 2006” de la Real Sociedad Española de Química, “2006 Rosalind Franklin International Lectureship” de la English Royal Society, SCF 2010 French-Spanish Prize de la Société Chimique de Francia, en 2014 Premio Medalla Gascó Oliag al Mérito Profesional del Colegio Oficial de Químicos de la Comunidad Valenciana. En 2010 fue nombrada Miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y en abril de 2012 Académica con el número 53 de la misma Institución (www.rac.es). En marzo de 2013 fue nombrada Académica de la European Academy of Sciences and Arts (www.euro-acad.eu). Ha publicado más



Carmen Nájera Domingo

de 350 trabajos en revistas internacionales, 20 capítulos de libro y 6 patentes con un índice $h = 57$ y ha dirigido 42 tesis doctorales. Ha impartido más de 140 conferencias en congresos e instituciones nacionales y extranjeros. Cofundadora y Directora Técnica de la EBT Medalchemy S. L., dedicada a la Química Fina y a Productos Farmacéuticos (APIs) desde 2002.

Premio José María Savirón 2014 a Gabriel Pinto Cañón

Desde el año 2005, la Sección Territorial en Aragón de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química y de la Real Sociedad Matemática Española, los Colegios Oficiales de Químicos, de Geólogos y de Físicos en Aragón, la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento, la Real Academia de Ciencias de Zaragoza, la Cátedra de Divulgación Científica José María Savirón (sostenida por el Gobierno de Aragón, el Ayuntamiento de Zaragoza y la

Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Aragón y la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, han instaurado, con carácter anual, el Premio José María Savirón.

El Premio de 2014 en el apartado de “Ámbito Nacional” fue concedido *ex aequo* a Gabriel Pinto Cañón, catedrático de Ingeniería Química en la Universidad Politécnica de



Gabriel Pinto Cañón

Madrid, Vicepresidente del Grupo de Didáctica e Historia de las RRSS de Física y de Química, por su larga y notable labor divulgativa de la Ciencia, en particular de la Química, a través de herramientas educativas, libros, artículos y conferencias. Así como a la Fundación Dinópolis, por su destacada, extensa y variada labor divulgativa de las Ciencias de la Tierra.

La entrega tuvo lugar el pasado 11 de marzo en el Salón de grados de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Con este motivo apareció una entrevista en el Heraldo de Aragón que aparece en la página: http://www.heraldo.es/noticias/suplementos/2015/03/26/gabriel_pinto_quimico_que_divulga_desde_cotidiano_contacto_con_profesores_todos_los_niveles_348011_314.html

Aunque como a los periodistas solo le suenan las moléculas tiene una errata y donde dice “molécula de un cristal de hierro” debieron decir “celdilla cúbica centrada en el cuerpo de un cristal de hierro”.

VII Reunión de Química Orgánica del Mediterráneo-VIREQOMED

Del 10 al 12 de junio ha tenido lugar en Málaga la VII Reunión de Química Orgánica del Mediterráneo-VIREQOMED que se desarrolló en la sede de la Agencia de Turismo Andaluz. Un congreso, organizado por el Gru-

po de Investigación que coordina el profesor Ezequiel Perez-Inestrosa de la Universidad de Málaga con la colaboración de la Fundación General de la UMA, en el que participan aproximadamente 80 expertos en esta materia



Participantes en la VII Reunión de Química Orgánica del Mediterráneo-VIREQOMED

que desarrollan su actividad en el arco mediterráneo español. En el acto de inauguración han participado el Vicerrector de Coordinación Universitaria de la UMA, José Ángel Narváez, el catedrático de la UMA y organizador del congreso, Ezequiel Pérez-Inestrosa, y el catedrático de la Universidad de Barcelona y presidente del Grupo Especializado en Química Orgánica de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ), Joan Bosch.

Este es de un foro bianual, el último tuvo lugar en Granada, que tiene por objetivo promover el conocimiento de la Química Orgánica en todos sus aspectos, incentivar la discusión científica y conectar a estudiantes de Docto-

rado y jóvenes investigadores que, en el futuro, puedan desarrollar líneas de investigación conjuntas.

La reunión contó con 30 ponentes, procedentes de 18 universidades diferentes, que pronunciaron conferencias sobre diversos ámbitos de la Química Orgánica, productos naturales, nuevos materiales moleculares, entre otros temas. Se han impartido 13 conferencias invitadas y 17 comunicaciones orales de un alto nivel científico, donde se ha podido constatar la importante participación de los asistentes al congreso.

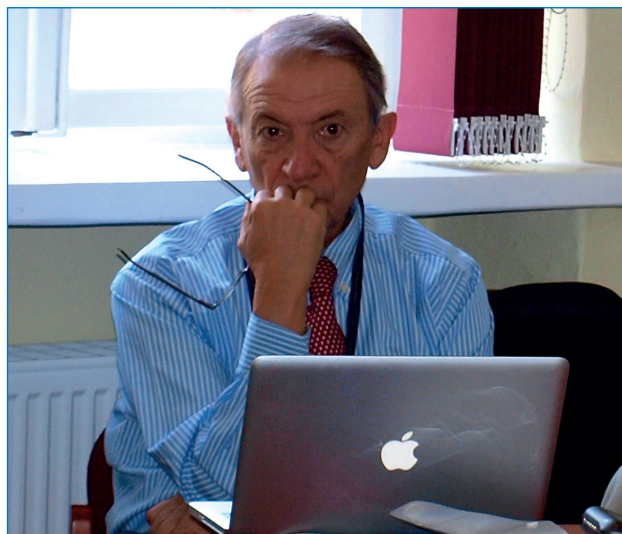
El próximo certamen, VIII REQOMED, se celebrará en 2017 y estará organizado por la Universidad de las Islas Baleares.

La Sociedad Europea de Publicaciones Químicas (ChemPubSoc Europe) de la que es socio fundador la RSEQ homenajea al profesor Luís Oro por su 70 cumpleaños

En una editorial escrita por la doctora Karen Hindson (Coordinating Managing Editor, European Journals y Editor de EurJIC) en EurJIC (*Eur. J. Inorg. Chem.* 2015, 2771–2773) se homenajea al profesor Luís Oro Giral por su dedicación e implicación en la creación del grupo ChemPubSoc Europa. La RSEQ fue una de las seis primeras sociedades copropietarias de *Chemistry-A European Journal*, *European Journal of Organic Chemistry* y *European Journal of Inorganic Chemistry*. Luis Oro fue el primer representante español en este consorcio y que más tiempo ha pertenecido al mismo.

Con el continuo crecimiento del grupo de Sociedades (16 en la actualidad) miembros de ChemPubSoc Europe, Luis Oro se hizo cargo de la “Presidencia” de las dos revistas europeas de Química Orgánica (EurJOC) e Inorgánica (EurJIC) y contribuyó activamente a la fundación de *ChemCatChem* adelantándose en más de un año a la ACS y la RSC en el lanzamiento de una revista dedicada a catálisis. Su contribución al desarrollo de la sociedad, a la consolidación de las revistas y a la distribución de royalties entre las distintas sociedades miembros del grupo ha sido crucial. De hecho la propuesta conocida como “acuerdo de Lisboa” que regula una parte importante de la actividad de ChemPubSoc Europe fue enunciada por Luís.

Los logros científicos del profesor Oro son bien conocidos por todos, así como sus contribuciones a la política científica española y europea. Desde esta Sociedad



Profesor Luís Oro Giral

agradecemos a Luís su dedicación, implicación y esfuerzo para que este proyecto de unidad haya tenido éxito. Ni que decir tiene que este agradecimiento se amplía a su labor por esta Sociedad de la que fue Presidente y por la Química española.

La RSEQ te desea un Feliz Cumpleaños.

MIGUEL Á. SIERRA

El profesor Jean-Marie Lehn, doctor honoris causa, a propuesta de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga-UMA

El Premio Nobel de Química, profesor Jean-Marie Lehn, ha sido investido doctor honoris causa, a propuesta de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga-UMA. El profesor Lehn agradeció el reconocimiento que supone incorporarse a la UMA, “me hace parte de una nueva familia intelectual”, y dijo que aunque ya es honoris causa por otras universidades, en este caso “tiene un sabor especial” por el papel que puede tener la de Málaga en el contexto de la UE. El profesor Lehn dedicó su intervención a presentar la Química como parte fundamental de la evolución humana, como nexo o puente de unión entre los procesos físicos y biológicos. No es, explicó, una ciencia inerte, ni está todo conocido. “La Química es un poder creativo”, afirmó, y su libro no está terminado, porque los químicos, mediante las reacciones pueden crear nuevas moléculas. La Química, en su opinión, juega un rol esencial en el conocimiento científico y está presente en la vida cotidiana.

En el acto de investidura, el profesor Lehn hizo un recorrido por la evolución del Universo, desde el “Big bang”, analizando el papel que ha tenido la Química en este desarrollo, una disciplina que, dijo, no es sólo la ciencia de la materia, sino que es la ciencia de la información. “La esencia de la Química es crear expresiones nuevas de materia compleja. Nosotros –dijo– somos parte de la tabla periódica de elementos”.

El nombramiento de Jean Marie Lehn como honoris causa no ha sido una decisión casual. El profesor Ezequiel Pérez-Inestrosa, padrino del acto, se refirió a la colaboración que se inició en 2005, a los trabajos de investigación publicados conjuntamente, las conferencias impartidas por el profesor Lehn en la UMA y a los investigadores que han realizado estancias postdoctorales su laboratorio. Además de su perfil investigador, el catedrático de



El profesor Lehn durante el acto de investidura

Química Orgánica de la UMA se refirió a su “fidelidad a la vocación docente e investigadora. La investigación científica y la docencia no deben ni tienen por qué estar reñidas o ser incompatibles”, afirmó. La rectora, Adelaida de la Calle, dio la bienvenida y el abrazo fraternal al nuevo miembro del claustro de doctores, a quien impuso el birrete laureado y entregó el título y medalla doctoral, el libro de la Ciencia, el anillo y los guantes blancos. De la Calle, que es catedrática de Biología Celular, indicó que la Química supramolecular que ha desarrollado el profesor Lehn ha pasado de la ciencia básica a la aplicada. Y de la relación del nuevo honoris causa con la UMA, la rectora afirmó que “ha sembrado en nuestra universidad” y le agradeció que “haya creído en nosotros, en nuestro capital científico y humano”.

Homenaje al recientemente fallecido profesor Manuel Rico Sarompas

El pasado 10 de abril tuvo lugar en el Instituto de Química Física Rocasolano (IQFR) del CSIC, el Homenaje al recientemente fallecido profesor Manuel Rico Sarompas. El Profesor Rico fue galardonado con la medalla de oro de la RSEQ en 2002 y con el Premio Nacional de Investigación Enrique Moles en 2003. El evento fue in-

augurado por el Vicepresidente del CSIC José Manuel Urquijo que glosó la vida del profesor Rico en el CSIC y describió sus logros científicos más importantes. En el acto estuvo acompañado por los Dres. Juan de la Figuera (Director del IQFR-CSIC) y Jorge Santoro (del Grupo de RMN del IQFR).

A continuación dio comienzo una Jornada Científica centrada en la temática de la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), técnica en la que el profesor Rico fue pionero en nuestro país. Los conferenciantes invitados: M. Bruix, J. Rizo, H. Santos, M. Billeter, S. Cerdán y M. Pons, son científicos que han mantenido una estrecha relación científica y personal con el profesor Rico a lo largo de su carrera y aplican la RMN en diversas áreas de investigación de la Química y la Biomedicina. La conferencia de la profesora M. Bruix (IQFR-CSIC) se centró en un recorrido histórico de los resultados obtenidos por el profesor Rico a lo largo de su carrera con especial énfasis en sus aportaciones seminales en el campo de péptidos y proteínas. El profesor Rizo (Southwestern Medical Center, University of Texas) expuso sus resultados recientes acerca del mecanismo de la liberación de neurotransmisores obtenidos combinando la RMN con otras técnicas biofísicas. La profesora H. Santos (ITQB, Universidade Nova de Lisboa) habló del papel de la RMN en el estudio de la estabilización de proteínas por extremolitos. La espectroscopía *in vivo* y la resonancia de imagen fue tratada por el profesor S. Cerdán del CSIC que disertó sobre los resultados más relevantes conseguidos en su

laboratorio así como sus inicios en colaboración con el grupo del profesor Manuel Rico. Finalmente el profesor M. Pons (Universidad de Barcelona) presentó su trabajo acerca de los mecanismos de regulación de la proteína intrínsecamente desestructurada c-Src en base a los resultados de RMN.

En todos los casos se expusieron referencias concretas al trabajo del profesor Manuel Rico así como el reconocimiento expreso a su trayectoria científica y a la importancia de su labor en la introducción y enseñanza de la RMN en nuestro país.

Desgraciadamente el profesor M. Billeter, invitado al evento y científico que había realizado una estancia el grupo del profesor M. Rico en 1993, no pudo asistir finalmente a la sesión.

El acto contó con más de cien participantes llegados de diversas partes del país y durante la comida los asistentes tuvieron ocasión de saludar a la familia del profesor Rico que se encontraba presente en el Simposio. Al término del mismo se presentó la placa que los colaboradores de Manuel Rico han decidido poner en el edificio que alberga el laboratorio de RMN para recordar su fundación por Manuel Rico y reconocer su trabajo en el campo de la RMN.



Miembros del grupo de RMN del IQFR y familiares del profesor M. Rico con la placa que recuerda al profesor Rico como introductor de la espectroscopía de RMN en nuestro país y fundador del laboratorio de RMN que lleva su nombre.

Reunión anual del consorcio ChemPubSoc

El fin de semana del 6-7 de junio de 2015 se celebró en Scheveningen (Holanda) la reunión anual del consorcio ChemPubSoc que reúne a 11 revistas que abarcan la mayor parte de la Química. Estas revistas las publica Wiley y sus propietarios son las diferentes sociedades químicas nacionales que forman ChemPubSoc.

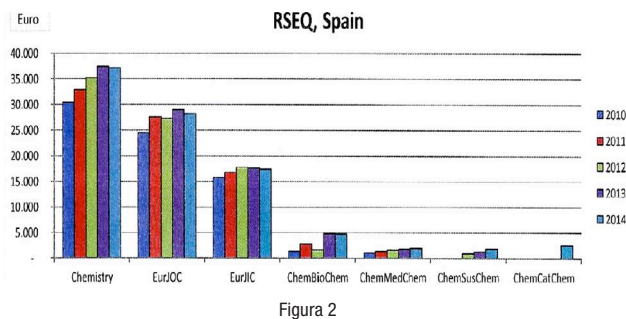
En esta reunión se discutió como punto más importante el modelo de retornos de las revistas, es decir el porcentaje de los beneficios que Wiley retorna a cada sociedad, que se hace en función del número de publicaciones por autores de cada país. Este es un punto conflictivo con Wiley y esta discusión se inició en Madrid en la reunión de ChemPubSoc celebrada 11 de febrero en la sede de la RSEQ de Madrid. Luis Oro actuando como representante español ha conseguido algunas ventajas adicionales en la devolución de retornos y se ha llegado a un acuerdo.

Para ilustrar este tema en la Figura 1 se muestra el desarrollo de los royalties pagados por Wiley a la RSEQ en el período 2010-2014 en función de la revista y el total. No hace falta decir que las cantidades son importantes y que continúan creciendo, aunque el número de publicaciones de autores españoles ha disminuido desde 2013.

Royalty Development RSEQ 2010 - 2014

CPSE Journal	2010	2011	2012	2011/2012	2013	2012/2013	2014	2013/2014	2010/2014
Chemistry	30.509	32.909	35.230	7,05%	37.458	6,32%	37.277	-0,62%	22,78%
EurJOC	74.462	27.668	27.299	-1,33%	29.021	6,31%	28.232	-2,72%	18,64%
EurJIC	15.812	16.826	17.789	5,72%	17.674	-0,65%	17.458	-1,22%	11,78%
ChemBioChem	1.445	2.822	1.727	-38,80%	4.840	180,25%	4.749	-1,88%	234,95%
ChemPhysChem	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ChemMedChem	1.111	1.462	1.654	13,13%	1.850	11,85%	1.998	8,00%	65,57%
ChemSusChem	-	-	951	-	1.342	41,11%	1.893	41,06%	-
ChemCatChem	-	-	-	-	-	-	2.668	-	-
ChemPlusChem	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ChemOpen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ChemElectroChem	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ChemistryViews	-	-	-	-	-	-	-	-	-
total	73.339	81.687	84.650	3,63%	92.185	8,90%	94.225	2,21%	25,70%

Figura 1



Como datos adicionales de interés, en la Figura 2 se muestra un gráfico de las cantidades recibidas por la RSEQ por las publicaciones de autores españoles en cada revista. Los datos son buenos, pero desde la RSEQ os animamos a que, a igualdad de otros factores de calidad, publiquéis en alguna de las revistas de ChemPubSoc. El dinero que generan estas publicaciones se usa para financiar la actividades de los Grupos Especializados de la RSEQ y de sus Secciones Territoriales.

LUÍS ORO
MIGUEL Á. SIERRA



La Universidad Complutense de Madrid acoge la Primera “Aldrich Chemistry Lecture”



El profesor Aggarwal debatiendo con una alumna del Programa de Doctorado en Química Orgánica de la UCM (Alba Durán)

© 2015 Real Sociedad Española de Química

El pasado 28 de abril se celebró en la Universidad Complutense de Madrid la primera “Aldrich Chemistry Lecture”. Este evento ha sido patrocinado por Aldrich Europa y organizado por los profesores Miguel Á. Sierra y Luis Casarrubios, del Departamento de Química Orgánica I de la UCM, con el fin de promover el intercambio científico y la comunicación entre grupos de investigación de la Comunidad de Madrid. Esta conferencia supone el inicio de un ciclo que se celebrará en distintas universidades y centros de investigación europeas.

El profesor Varinder Aggarwal, de la Universidad de Bristol (Reino Unido), fue aceptó el reto de protagonizar este evento, impartiendo la conferencia titulada “Assembly Line Synthesis”, donde presentó los últimos resultados obtenidos en su investigación. Asistieron a esta jornada profesores e investigadores de la UCM, UAM y del CSIC, además de un buen número de alumnos de doctorado y máster.

La sesión de tarde, se inició con una mesa redonda, en la que estuvieron representados investigadores de todas las edades, categorías y centros. El debate se centró en el futuro de la química española y quedaron expuestas las distintas opiniones y preocupaciones sobre el tema.

El último acto programado fue una sesión informal de contacto del profesor Aggarwal con los estudiantes de doctorado y máster de los centros participantes. Cada uno de los asistentes presentó al profesor Aggarwal sus resultados de investigación, discutiendo de forma distendida con el conferenciante.

Queremos agradecer la confianza y el compromiso de Aldrich con la Química Española y por supuesto al profesor Aggarwal por dedicarnos su tiempo.

LUIS CASARRUBIOS



El libro *Atomic Absorption Spectrometry: An Introduction* de los autores Alfredo Sanz-Medel y Rosario Pereiro es una segunda edición monográfica sobre la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica (AAS), disponible en la mayoría de los laboratorios de análisis de muy diferentes áreas. La obra consta de ocho capítulos organizados para ofrecer al lector una visión actualizada de esta técnica. A lo largo del libro se realiza un recorrido a través de los conceptos básicos, metodologías, técnicas especiales, aplicaciones recientes y últimos avances en instrumentación y técnicas de análisis. Cada capítulo concluye con ejemplos prácticos sobre la aplicación de la técnica.

Con el fin de facilitar la correcta comprensión del texto, se han incluido a lo largo del mismo un gran número de esquemas, figuras ilustrativas y tablas. De la clara redacción del manuscrito resulta una amena lectura del mismo, con un registro adecuado a sus lectores, principalmente estudiantes, docentes y profesionales del análisis.

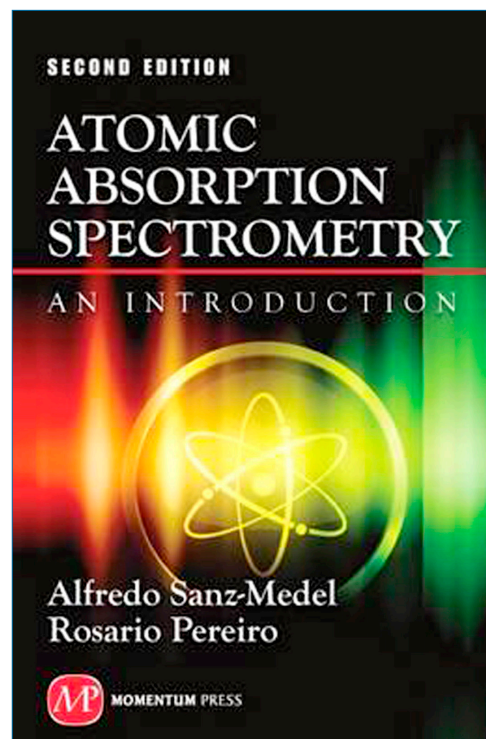
El primer capítulo es una introducción al origen y características de la espectrometría atómica, destacando la importancia del espectro de líneas. Se presenta una comparativa de las principales técnicas atómicas (absorción, emisión, fluorescencia y espectrometría de masas) para el análisis de muestras en disolución y el análisis directo de sólidos.

En el segundo capítulo se aborda la teoría y los principios básicos de la AAS para el análisis cuantitativo. Se detallan las principales interferencias de la técnica en llama que afectan a la calidad de los resultados obtenidos, finalizando con una descripción de las características analíticas.

El tercer capítulo describe en profundidad los componentes instrumentales básicos de los modernos espectrómetros de AAS, fuentes, atomizadores, selectores de longitud de onda, detectores y sistemas de corrección de fondo.

Los siguientes dos capítulos se centran, respectivamente, en la técnica clásica de AAS de llama, y en la de vaporización electrotérmica (ETA) para el análisis de ultratrazas. En ellos se describen los componentes instrumentales particulares de cada una de estas técnicas, atomizadores, accesorios y espectrómetros, así como sus principales interferencias y características analíticas. Se aborda el análisis directo de sólidos y suspensiones en ETA, así como la importancia del empleo de un apropiado programa de temperatura y modificador de matriz para el control de las interferencias.

El capítulo sexto detalla el análisis de fases volátiles derivatizadas mediante generación de hidruros (HG) o vapor frío (CV), y sistemas para su atrapamiento y/o preconcentración, y que permiten analizar metaloides y aumentar la sensibilidad del análisis.



Autores: Alfredo Sanz-Medel y Rosario Pereiro

Páginas: 190

ISBN: 978-1-60650-435-2

Publicación: 2014

El séptimo capítulo muestra las ventajas del análisis por inyección en flujo (FIA) combinado con AAS para el pretratamiento de la muestra mediante separaciones sólido-líquido, formación de derivados volátiles, preconcentración por extracción líquido-líquido, digestión en línea y separaciones cromatográficas.

Finalmente, el último capítulo incluye una breve descripción de la aplicación de la técnica en áreas emergentes como el análisis de nanopartículas, proteómica y metalómica, así como el empleo de la quimiometría para el tratamiento de las señales, recomendaciones para el control de calidad de los resultados y algunas pautas a seguir para la resolución de problemas frecuentes durante el análisis.

El volumen se completa con una lista de las principales compañías suministradoras de instrumentación de AAS, un glosario de términos, una sección de patrones y las referencias bibliográficas correspondientes.

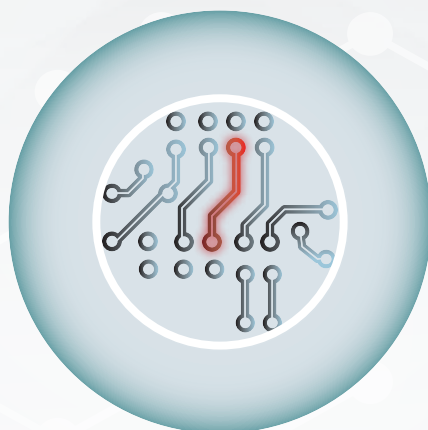
M.^a Milagros Gómez Gómez
Departamento de Química Analítica, UCM

MATERIALS TO DRIVE INNOVATION



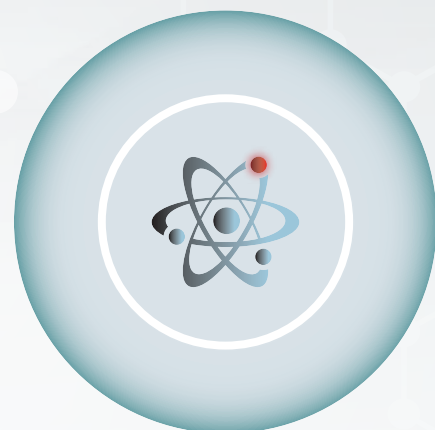
BIOMEDICAL

- Materials for drug delivery, bone and tissue engineering
- PEGs, biodegradable and natural polymers
- Functionalized nanoparticles
- Block copolymers and dendrimers
- Nanoclays



ELECTRONICS

- Nanowires
- Printed electronics inks and pastes
- Materials for OPV, OFET and OLED
- Nanodispersions
- CNTs and graphene
- Precursors for PVD, CVD and sputtering



ENERGY

- Electrode and electrolyte materials for batteries and fuel cells
- Hydrogen storage materials, including MOFs
- Phosphors
- Thermoelectrics
- Nanomaterials
- Precursors for nanomaterials and nanocomposites

Find more information on our capabilities at
aldrich.com/matsci

*Enabling Science to
Improve the Quality of Life*

Order/Customer Service: sigma-aldrich.com/order
Technical Service: sigma-aldrich.com/techservice
Development/Custom Manufacturing Inquiries **SAFC** safcglobal@sial.com
Safety-related Information: sigma-aldrich.com/safetycenter

World Headquarters
3050 Spruce St.
St. Louis, MO 63103
(314) 771-5765
sigma-aldrich.com