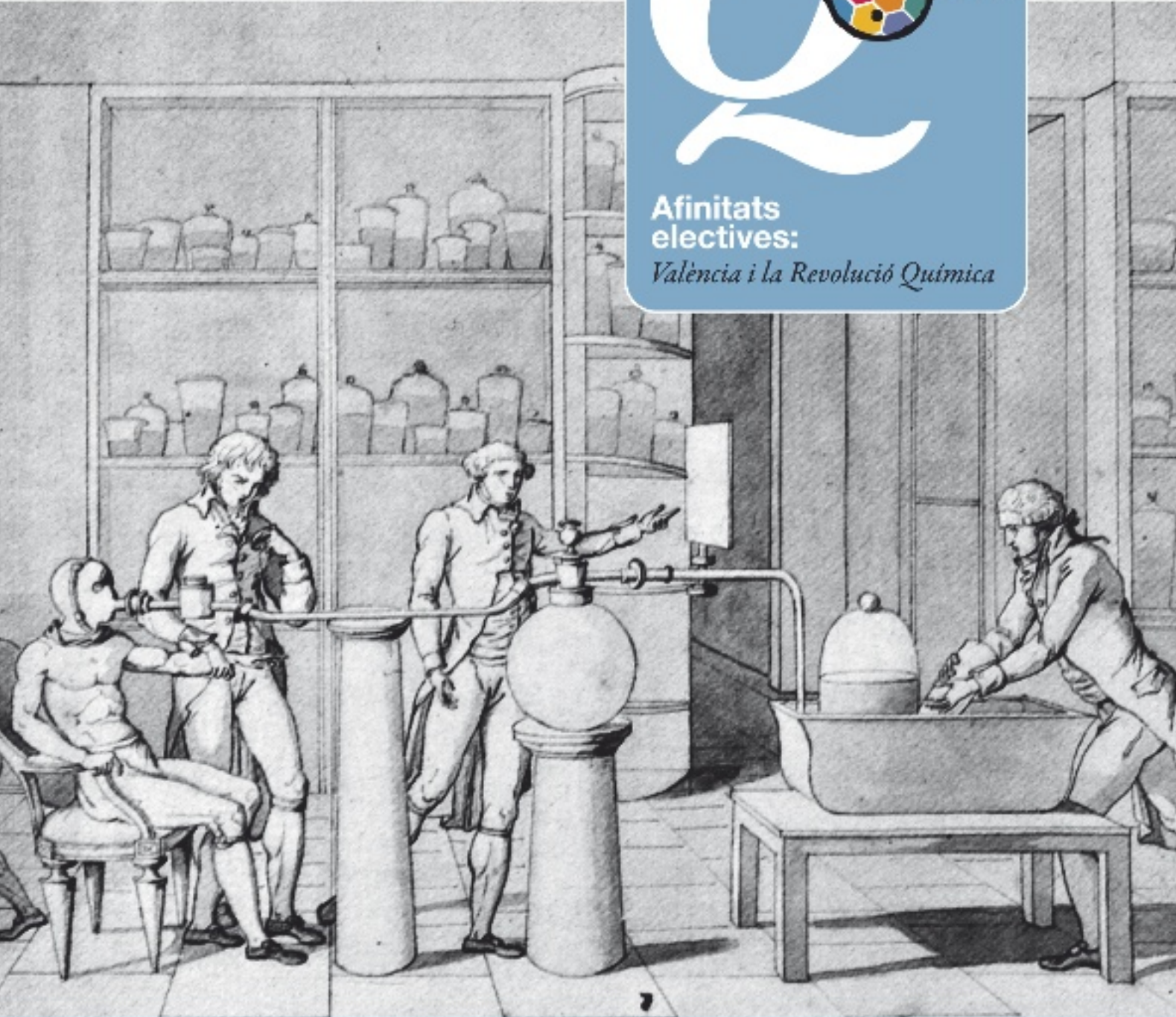


Palau de Cerveró  
26 maig - 29 octubre



Afinitats  
electives:  
*València i la Revolució Química*

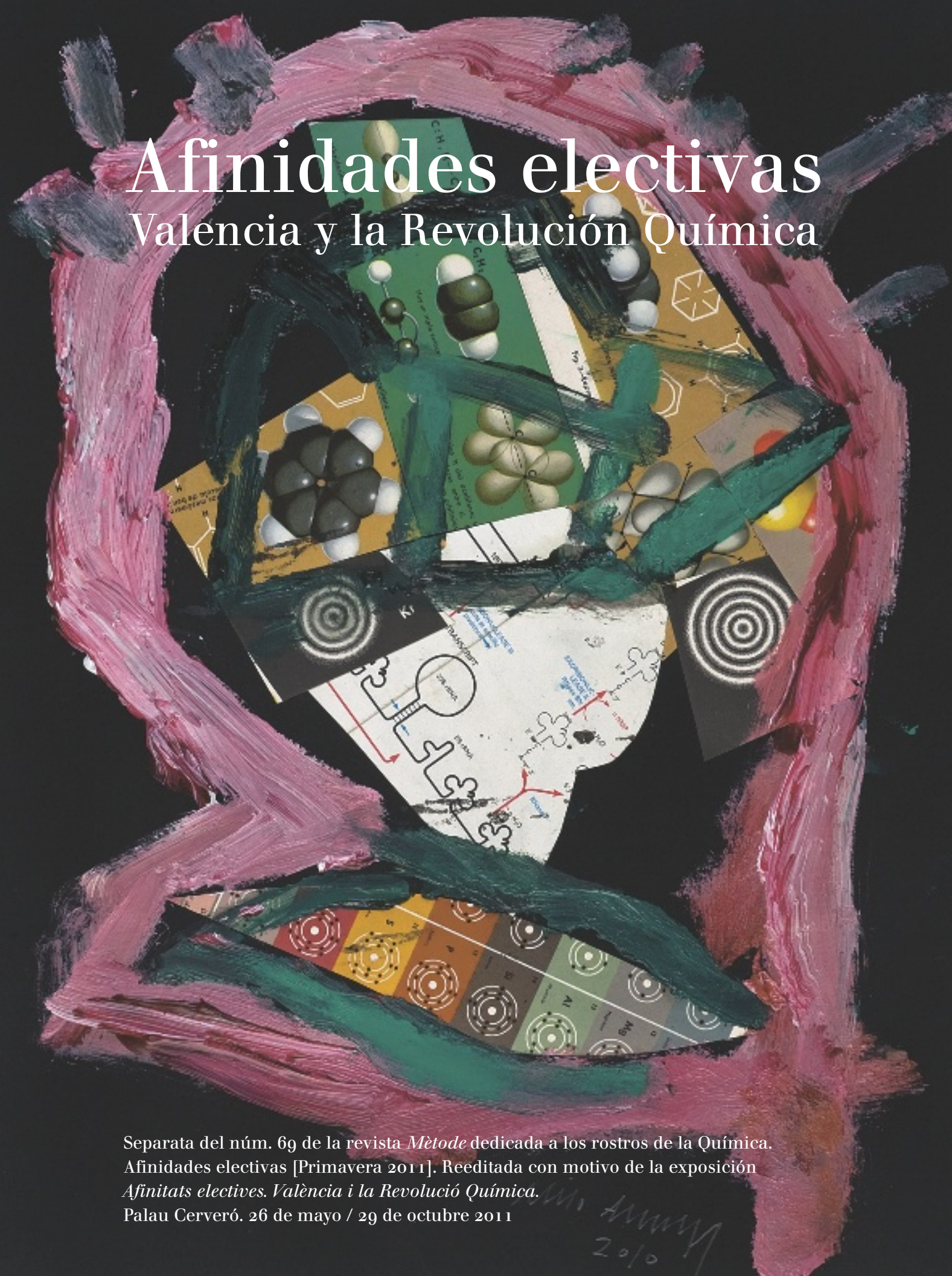


Organitza

Col·laboren

# Afinidades electivas

## Valencia y la Revolución Química



UNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA

CSIC  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

IPHIC  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS DEL PALAU DE CERVERÓ

Año Internacional de la  
QUÍMICA  
2011

Real Sociedad Económica d'Amics  
del País de València  
Institut Lluís Vives, València  
Institut Francesc Ribalta, Castelló  
Chemical Heritage Foundation, Philadelphia  
Facultat de Química, Universitat de València



Separata del núm. 69 de la revista *Mètode* dedicada a los rostros de la Química.  
Afinidades electivas [Primavera 2011]. Reeditada con motivo de la exposición  
*Afinitats electives. València i la Revolució Química*.  
Palau Cerveró. 26 de mayo / 29 de octubre 2011

# Afinidades electivas

Valencia y la Revolución Química



# Afinidades electivas

## Valencia y la Revolución Química

VNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA



MèTODE  
Metodología de la Investigación

## Afinidades electivas. Valencia y la Revolución Química

Palau Cerveró. Universitat de València

26 de mayo al 29 de octubre de 2011

RECTOR DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

**Esteban Morcillo Sánchez**

VICERRECTOR DE CULTURA, IGUALDAD Y PLANIFICACIÓN

**Antonio Ariño Villarroya**

DIRECTOR INSTITUTO DE HISTORIA DE LA MEDICINA Y DE LA CIENCIA «LÓPEZ PIÑERO»

**José Antonio Díaz Rojo**

[www.ihmc.uv-csic.es](http://www.ihmc.uv-csic.es)

PRESIDENTE DEL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC)

**Rafael Rodrigo Montero**

COMISARIO

**José Ramón Bertomeu**

ADJUNTO AL COMISARIO

**Ignacio Suay**

COORDINACIÓN

**Maite Ibáñez**

COMUNICACIÓN

**Sergio Villalba**

DISEÑO

**Gráfico Adsuara**

PRODUCCIÓN AUDIOVISUALES

**VITELSA**

TRADUCCIÓN

**Servei de Política Lingüística.  
Universitat de València**

MONTAJE

**Francisco Burguera  
Álvaro David  
Pedro Herráiz**

TRANSPORTE

**Esfera Proyectos Culturales**

SEGUROS

**Mapfre**

VISITAS GUIADAS

**Voluntaris de la Universitat de València**

PRESTADORES

**Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia  
Institut Lluís Vives, Valencia  
Institut Francesc Ribalta, Castellón  
Institut Menorquí d'Estudis, Mahón  
Académie Nationale de Médecine, París  
Ajuntament de València. Biblioteca Serrano Morales  
Bibliothèque Interuniversitaire de Médecine, París  
Chemical Heritage Foundation, Philadelphia  
Departamento de Química Analítica, Facultad de Química,  
Universitat de València  
Archivo Histórico, Universitat de València  
Biblioteca Vicent Peset Llorca, Instituto de Historia de la  
Medicina y de la Ciencia «López Piñero» (Universitat de  
València-CSIC)**

AGRADECIMIENTOS

**Antonio García Belmar, Encarnación Ahicart,  
Santiago Álvarez, Amanda Antonucci, Nicolás Bas,  
Bernadette Bensaude-Vincent, Marco Beretta,  
Nicholas Best, Ronald Brashear, Eric Casas,  
Teresa Climent, Mar Cuenca, Carl Djerassi,  
Martí Domínguez, Julio Ferrer, Pere Grapí, Vicent Joan,  
Ursula Klein, Irene Manclús, Anna Mateu, Michal Meyer,  
Agustí Nieto, Josep Payà, Francisco Oltra,  
Carmen Ramírez, Amparo Salvador, Paloma Segura,  
Josep Lluís Sirera, Eva Soriano, José E. Ucedo,  
Carmina Valiente, Vicente Zorrilla**

**Ilustración de la cubierta: Uiso Alemany  
Serie «Químico ensimismado», 2010**

*Presentación exposición*

## Afinidades electivas. Los rostros de la revolución química

El siglo XVIII fue un período trascendental para el desarrollo de la química moderna. Johann Friedrich Gmelin (1748-1804), uno de los primeros historiadores de la química y testigo directo de los acontecimientos, recordaba que, a principios del siglo XVIII, los químicos eran despreciados, ridiculizados y confundidos con charlatanes o mercachifles. Sin embargo, cuando el siglo ilustrado llegaba a su fin, la química se había transformado en el «ídolo» frente al que todo tipo de personas «se arrodillaban», sin importar que fueran príncipes o clérigos, cultos o iletrados, sujetos de alta o baja alcurnia. Se produjo una progresiva incorporación de la química en muchas universidades, tal y como ocurrió en la Facultad de Medicina de la Universidad de Valencia. No solo aumentó el número de cursos, profesores y estudiantes interesados en la química. También se crearon fuertes expectativas acerca de las posibles aplicaciones médicas e industriales de esta ciencia. A finales del siglo XVIII, las novedades eran tan importantes que algunos autores empezaron calificarlos como una auténtica «revolución en la física y en la química».

A través de estos importantes cambios, los artículos de este volumen monográfico de la revista *Mètode* analizan los diversos rostros de la química, sus afinidades y sus tensiones. Se trata de presentar los resultados de las investigaciones más recientes en estas materias por parte de un grupo de investigadores que ofrecen una gran variedad de perspectivas: la aproximación biográfica (Marco Beretta), el estudio de las afinidades químicas (Pere Grapí), las relaciones entre literatura y ciencia (Xavier Duran y Carl Djerassi), la producción de tintes y la historia de la tecnología (Agustí Nieto), la cultura material y los productos químicos (Ursula Klein), las representaciones pictóricas del laboratorio químico (Santiago Álvarez) y las relaciones entre la ciencia y sus públicos (Bernadette Bensaude-Vincent). El monográfico permite complementar la exposición «Afinidades electivas. Valencia y la Revolución Química» que se desarrollará durante el Año Internacional de la Química 2011 en el Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia «López Piñero».

ANTONIO GARCÍA BELMAR  
*Universidad de Alicante*

JOSÉ RAMÓN BERTOMEU SÁNCHEZ  
*Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia «López Piñero»  
(Universitat de València-CSIC)*



«Unas veces se encuentran como amigos y viejos conocidos que rápidamente se unen y se juntan sin alterarse unos a otros, lo mismo que se mezclan el agua y el vino. Sin embargo, otras se obstinarán en permanecer extraños, sin posibilidad de unión ni aun mezclándolos o frotándolos por medios mecánicos, lo mismo que el aceite y el agua».

J.W. Goethe. *Las afinidades electivas* (1809)

«La revolución no necesita sabios», parece que le espetó el juez del tribunal revolucionario a Lavoisier, poco antes de que lo condenaran a muerte. La historia de los hombres está llena de momentos trascendentes, que han cambiado el devenir de la historia. ¿Qué habría sido de la ciencia en Francia si la revolución hubiera incorporado a sus sabios? ¿Cómo habría cambiado el curso de los hechos? En este monográfico dedicado a la química, elaborado en el marco de las celebraciones del Año Internacional de la Química, hemos querido reflexionar sobre la trascendencia de la figura de Lavoisier, y como él, más que nadie, representa el nacimiento de esta nueva disciplina. El monográfico, coordinado por los profesores Antonio García Belmar y José Ramón Bertomeu Sánchez, pretende mostrar una visión pluridisciplinar de este campo, tanto desde el contexto de la historia de la ciencia como desde la percepción social que se tiene de ella. En este sentido, la entrevista a Bernadette Bensaude-Vincent, una de las máximas estudiosas de la figura de Lavoisier y de la visión social de la química, es un complemento perfecto. Como también lo es la propuesta artística de Uiso Alemany, que, con su atrevida galería de rostros de químicos (químicos ensimismados), introduce un elemento contundente y brillante. En resumidas cuentas, un nuevo número de *Métode*, repleto de sugerencias, donde los artículos de fondo se complementan con las imágenes, con las tribunas, con las entrevistas, con las propuestas didácticas... Unas afinidades, electivas o no, que seguro que habrían sido del agrado del autor del *Werther*.

MARTÍ DOMÍNGUEZ  
*Director de MÉTODE*



A lo largo de este año 2011 celebraremos diversos eventos, pero uno de los más relevantes para nuestra Universitat será el Año Internacional de la Química,<sup>1</sup> proclamado por la Asamblea General de Naciones Unidas y respaldado por la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) y por la UNESCO, en respuesta, asimismo, a una iniciativa de países del Tercer Mundo. La intención es celebrar los logros de la química como ciencia y especialmente, como corresponde a la actual percepción del valor social de la ciencia, concienciar al público sobre la contribución de esta disciplina al bienestar y progreso de la humanidad.

El lema de la celebración es inequívoco: «Química, nuestra vida, nuestro futuro». La importancia de la celebración se muestra asimismo con la creación de un logotipo internacional y la emisión de un sello y una moneda conmemorativos. Además, se han programado en todo el mundo diversidad de actos y eventos institucionales, publicaciones, exposiciones, ciclos de conferencias, jornadas, cursos y premios, pero también actividades educativas, divulgativas y lúdicas. En este contexto, hay que destacar la celebración de *Women sharing a chemical moment in time*, evento que reúne a químicas de todo el mundo recordando el papel de Marie Curie, coincidiendo con el centenario de su premio Nobel por sus aportaciones a la química. En el 2011 también celebramos otra efeméride química, el centenario de la fundación de la International Association of Chemical Societies. Una ocasión, por tanto, de subrayar la importancia de la internacionalización para la ciencia.

Para la Universitat de València, el atractivo de esta celebración deriva de la excelencia de nuestra contribución científica en este ámbito, que constituye una parte importante de nuestra aportación al proyecto VLC/CAMPUS de Excelencia Internacional. Si consideramos el número de citas recibidas en la última década por los artículos científicos españoles en las diferentes áreas, la química ocupa un lugar muy destacado. De la misma forma, la Universitat de València se posiciona en la lista de las instituciones españolas más destacadas en química –entre las cien instituciones más importantes en este ámbito a nivel internacional–, junto a varios de nuestros investigadores –colocados entre los quinientos químicos más citados del mundo–, lo que convierte al Instituto de Ciencia Molecular (ICMol) y a la Facultad de Química de la Universitat de València en centros de prestigio internacional indudable para la investigación y la enseñanza en química, algo, por tanto, de lo que sentirnos especialmente orgullosos.<sup>2</sup>

Estas referencias estarían incompletas si no pudiéramos asimismo en valor nuestra tradición docente. Ya a finales del siglo XVI, la Facultad de Medicina se dotó de una cátedra de medicamentos químicos.<sup>3</sup> En el siglo XVIII se creó una cátedra de Química y en 1900 se separaron las secciones de química y física de la Facultad de Ciencias. Los estudios de

<sup>1</sup> <<http://www.chemistry2011.org>>.

<sup>2</sup> Datos proporcionados por Eugenio Coronado, director del ICMol de la Universitat de València.

<sup>3</sup> López Piñero, 1977. *El Dialogus (1589) del parecelsista Llorenç Còçar y la cátedra de medicamentos químicos de la Universidad de Valencia (1591)*, Cátedra e Instituto de Historia de la Medicina.

química se constituyeron como titulación independiente en 1967 y en 1977 se creó la Facultad de Química. Hoy, esta Facultad es grupo de excelencia en CHE Excellence Ranking 2010,<sup>4</sup> imparte estudios muy demandados en primera opción, acordes con el Espacio Europeo de Educación Superior, tiene una oferta atractiva de postgrado y doctorado, mantiene relaciones de colaboración con el Colegio Oficial de Químicos de la Comunidad Valenciana y con las empresas del sector y está comprometida como Facultad en realizar actividades que impliquen a profesorado y alumnado de secundaria.<sup>5</sup> Precisamente la Olimpiada Nacional de Química, un programa del Ministerio de Educación en colaboración con ANQUE y la Real Sociedad Española de Química, cuyo objetivo es estimular el interés de los estudiantes de secundaria por la química, celebrará su edición 2011 en Valencia con la colaboración de nuestra Facultad de Química.

Con esta espléndida realidad de la química valenciana, hemos negado ampliamente la afirmación de que esta ciencia estaba «mediocrementemente extendida incluso entre los sabios» con la que la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert comenzaba el artículo dedicado a la «*Chymie*». Más allá de la mitología y de la alquimia, de Alberto Magno y Ramon Llull, hoy la química es una espléndida realidad que extiende sus frondosas ramas hacia la medicina y la farmacia, y resulta esencial en la sostenibilidad de los recursos naturales, en la búsqueda de fuentes alternativas de energía, en la alimentación y en la salud, especialmente en un contexto de creciente población mundial. Debemos, por tanto, generar orgullo institucional y reconocimiento social, interés vocacional en los más jóvenes y confianza en la creatividad de la química para nuestro futuro.<sup>6</sup>

ESTEBAN MORCILLO  
*Rector de la Universitat de València*

<sup>4</sup> <<http://www.zeit.de/excellenceranking>>.

<sup>5</sup> Datos facilitados por la decana de la Facultad de Química, la profesora Pilar Campins. <<http://www.uv.es/quimica>>.

<sup>6</sup> <[http://www.fundacionquimica.org/anio\\_internacional\\_quimica.php](http://www.fundacionquimica.org/anio_internacional_quimica.php)>.



M. A. M. M. M.  
2010

# AFINIDADES ELECTIVAS

## LOS ROSTROS DE LA QUÍMICA

Monográfico coordinado por Antonio García Belmar y José Ramón Bertomeu Sánchez

**A** mediados del siglo XVIII, en la famosa *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert, se indicaba que «el gusto por la química» era «una pasión de locos». Los químicos formaban «un pueblo distinto», «muy poco numeroso» y la sociedad no esperaba apenas «nada de su arte». Sin embargo, cuando el siglo ilustrado llegó a su fin, otro comentarista afirmaba que la química se había transformado en el «ídolo» ante el que todo tipo de personas «se arrodillaban», sin importar que fueran príncipes o clérigos, cultos o incultos, o sujetos de alta o baja alcurnia. En el marco del Año Internacional de la Química, este monográfico analiza las sorprendentes variaciones en la imagen social de la química, sus afinidades y tensiones, y sus múltiples rostros, desde el siglo XVIII hasta la actualidad.

**Antonio García Belmar.** Profesor titular del Departamento de Enfermería Comunitaria, Medicina preventiva y Salud Pública e Historia de la Ciencia. Universitat d'Alacant.

**José Ramón Bertomeu Sánchez.** Profesor titular del Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia López Piñero (Universitat de València-CSIC).

En este monográfico dedicado a la química, MÈTODE ha contado con la colaboración de dos artistas de gran trayectoria y proyección. El pintor Uiso Alemany (Valencia, 1941) nos propone una serie de rostros de químicos «ensimismados», mientras que Eugènia Balcells (Barcelona, 1943) nos acerca a algunos de sus montajes e instalaciones multimedia donde ha explorado diferentes relaciones entre ciencia y arte.

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.



# GOETHE Y LA AFINIDAD ENTRE QUÍMICA Y LITERATURA

## MOLÉCULAS Y DIVORCIOS EN UNA NOVELA ROMÁNTICA

Xavier Duran

En 1809, Johann Wolfgang Goethe publicó *Las afinidades electivas*, una novela cuyo título hace referencia a uno de los problemas que habían ocupado a los químicos durante el siglo anterior. La obra de Goethe utiliza la afinidad química como metáfora y la aplica a las relaciones amorosas, pero lo hace cuando este concepto ya era discutido a partir de las nuevas perspectivas que se habían abierto en la química moderna.

Los años que preceden a la publicación, en 1809, de *Las afinidades electivas* están llenos de episodios personales e intelectuales que pueden explicar la mezcla de literatura y ciencia, de fatalismo y rebelión que recorre la novela. En el plano personal, Johann Wolfgang Goethe empieza el siglo habiendo superado los cincuenta años, una edad que, en aquel tiempo y en la mayoría de los casos, significaba entrar en la recta final de la vida –aunque el autor alemán llegaría a los 82 años–. En 1801 se le declaró una afección de riñón que pasaría a ser crónica, en 1805 murió su gran amigo Friedrich Schiller y en 1808 perdió a su madre, a quien había estado muy unido.

Por lo que respecta a la actividad intelectual, es tan destacada como diversa y hace patente los diferentes intereses del poeta. En 1808 acaba la primera parte de su *Fausto*, obra que llevó toda la vida con él y que no culminó hasta poco antes de morir, y continúa trabajando en *Wilhelm Meister*. Pero en 1803 también pasa a dirigir los Institutos de Ciencias Naturales de la Universidad de Jena, publica varios estudios sobre botánica, así como *Metamorfosis de los animales* (1806), e inicia su *Teoría de los colores* (1809-1810), que científicamente le desprestigiaría por la crítica contundente y absoluta que hacía a los trabajos de Newton.

Es en esta etapa rica y convulsa –en 1806 el ejército de Napoleón había tomado y saqueado Weimar– cuando Goethe elabora una novela que desde el título mismo toma una metáfora química y que parece querer mostrar la escasa capacidad de los humanos para hacer frente a un destino que parece implacablemente establecido por unas leyes inexorables. Estamos en el siglo XIX, la era de la racionalidad y el cálculo, y todo parece bien ordenado y previsible. El joven y desgraciado Werther queda lejos y Goethe parece estar de acuerdo con los signos de los tiempos cuando escribe una novela que se puede casi resumir con una ecuación. Pero quizá todo esto sea demasiado simplista y la obra acepte también lecturas muy diversas.

«GOETHE ELABORA UNA NOVELA QUE DESDE EL MISMO TÍTULO TOMA UNA METÁFORA QUÍMICA Y QUE PARECE QUERER MOSTRAR LA ESCASA CAPACIDAD DE LOS HUMANOS PARA HACER FRENTE A UN DESTINO QUE PARECE IMPLACABLEMENTE ESTABLECIDO POR UNAS LEYES INEXORABLES»

### ■ LECCIONES DE QUÍMICA EN EL HOGAR

Comentemos primero la novela y destaquemos las referencias a la química. Edouard y Charlotte reviven un amor juvenil que había quedado truncado por la oposición de las respectivas familias y se casan gracias a que los dos se han quedado viudos. La tranquilidad de su vida se ve alterada por la llegada de un amigo de Edouard, el capitán, y, después, por una joven sobrina de Charlotte, Ottilie.

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.

Tanto el título como los hechos que se producirán son avanzados, sin que el lector lo sepa, en la conversación que mantienen, en el capítulo cuarto, el matrimonio y el capitán –Otilie aún no había llegado– durante la práctica usual de aquellos tiempos de hacer lecturas en voz alta y en grupo. La palabra *parentesco* llama la atención de Charlotte y Edouard le explica que su uso en aquel libro es metafórico, referido a terrenos y minerales.

Pero eso da pie a explicar al capitán, hombre culto y versado en ciencias, en qué sentido se utiliza esa palabra. Comenta que la leyó hace un tiempo y que no sabe si ahora, en el mundo científico, aún se piensa lo mismo. Y eso da pie a Edouard para calificar de muy enojoso «que hoy no se pueda aprender nada para toda la vida», afirmación que aprovecha Goethe para transmitir la idea de un mundo cambiante e inestable.

«Llamamos afines a aquellas naturalezas que al encontrarse se aferran con rapidez las unas a las otras y se determinan mutuamente», explica el capitán. Y pone como ejemplo los ácidos y los álcalis, que, siendo tan diferentes, se unen, se modifican y forman un cuerpo nuevo. Edouard comenta que «las relaciones comienzan a ser interesantes cuando provocan separaciones». Y esta última palabra le parece triste a Charlotte, porque considera que se oye demasiado a menudo en el mundo.

El capitán reanuda la explicación con un ejemplo:

[...] lo que llamamos piedra caliza es cal, más o menos pura, íntimamente ligada a un ácido débil que hemos conocido en forma de gas. Si se introduce un fragmento de dicha piedra en ácido sulfúrico diluido, éste ataca la cal y aparece después unido a ella en forma de yeso, mientras que el ácido débil y gaseoso desaparece. Aquí se ha producido una separación, ha surgido una nueva combinación, y uno se siente autorizado incluso a utilizar el término de «afinidad electiva», puesto que realmente parece como si se prefiriese una relación a otra o existiese una elección preferencial.

Edouard hace entonces el siguiente comentario: «A fin de cuentas, ves en mí la cal, atraída por el capitán en forma de ácido sulfúrico, que me arrebató tu encantadora compañía, convirtiéndome en yeso refractario.» Charlotte le replica:

Pero el hombre está muy por encima de tales elementos, y si en este caso se ha comportado generosamente con las hermosas palabras de «elección» y «afinidad electiva», hará bien en reflexionar, con este motivo, sobre el valor de tales expresiones. Por desgracia, son bastantes los casos



© Neue Pinakothek, München

**«EL HOMBRE QUE QUERÍA  
PASAR A LA HISTORIA  
SOBRE TODO COMO  
CIENTÍFICO ALCANZÓ  
UNA GRANDEZA LITERARIA  
QUE ECLIPSÓ SU OTRA  
VERTIENTE. PERO INCLUSO  
ASÍ REPARTIÓ CIENCIA  
POR SU OBRA NARRATIVA  
Y POÉTICA»**

Goethe tomó el título de *Las afinidades electivas* del mundo de la química. La afinidad entre las sustancias hacía referencia a la razón por la que se formaban unos compuestos y no otros, y por qué algunos se deshacían para rehacerse de forma diferente. En la imagen, retrato de Goethe del pintor Joseph Karl Stieler.

que conozco en los que una íntima y aparentemente indisoluble unión de dos seres se vino abajo por la casual compañía de un tercero, y uno de los que antes estaban bellamente unidos fue marginado y distanciado.

Edouard concluye: «En un caso de éstos, los químicos son mucho más galantes. Asocian un cuarto elemento para que nadie se quede solo». Más adelante, el capitán describe un ejemplo «en lenguaje cifrado»:

Imagínesse una A íntimamente unida a una B, de la que no es posible separarla por medio alguno, ni aun por la fuerza; imagínesse igualmente una C que se comportase de idéntica manera con una D; ponga usted ahora a las dos parejas en contacto: A se lanzará sobre D y C sobre B, sin que pueda decirse quién abandonó primero al otro, ni quién fue el primero en unirse nuevamente al otro.

Y Edouard aplica la explicación genérica al caso concreto que implica al matrimonio y a sus dos invitados:

¡Y ahora! –intervino Edouard–, hasta poder contemplar el ejemplo con nuestros propios ojos, consideremos dicha



Escultura de Goethe y de su amigo Friedrich Schiller en la ciudad alemana de Weimar. Los dos son considerados como las figuras clave del movimiento conocido como clasicismo de Weimar.

fórmula como una parábola de la que sacaremos una enseñanza de uso inmediato. Tú, Charlotte, representas la A y yo, tu B, pues, en realidad, yo dependo solamente de ti y te sigo como la B a la A. La C es evidentemente el capitán, que, por esta vez, me aleja, en cierto modo, de ti. Es, pues, justo, que si tú no quieres desplazarte hacia lo incierto, se te proporcione una D, y ésta sería sin duda alguna la amable damisela Ottilie, a cuya venida no debes resistirte por más tiempo.

Aquí queda esquematizado el argumento de la novela, aunque Edouard no ha acertado –o no ha querido acertar– con las reacciones que realmente se producirán.

#### ■ LA AFINIDAD, UN ROMPECABEZAS PARA LOS QUÍMICOS

La afinidad entre las sustancias, la razón por la que se formaban ciertos compuestos y no otros y por la que algunos se deshacían para rehacerse de manera diferente preocupaba a los investigadores en los últimos tiempos de la alquimia y los primeros de la química moderna.

Newton, que ya había establecido la explicación sobre la atracción de los cuerpos, no dudaba en proponer que sus leyes de la atracción gravitatoria y las del magnetismo y la electricidad se podían hacer extensivas a las uniones y separaciones de los cuerpos y ponía ejemplos con reacciones entre álcalis y ácidos. En el único artículo de química que publicó –escrito en 1692 pero aparecido en 1710– y en las cuestiones 31 y 32 de su *Óptica*, sugería la existencia de una fuerza muy intensa entre las partículas de los cuerpos, que variaba de una especie a otra. Incluso propuso una breve relación de seis metales ordenados según la prioridad a la hora de reemplazarse uno a otro disueltos en ácido nítrico.

En el siglo XVIII los químicos llamarían a esta fuerza «afinidad electiva». En 1718, el francés Étienne-François de Geoffroy presentó en la Academia de Ciencias su *Tabla de las diferentes relaciones observadas en química entre las diferentes sustancias*. En la presentación, Geoffroy señala que hay unas leyes y unos grados de preferencia para que cuando se mezclen varias sustancias haya algunas que tengan clara preferencia a unirse con otras concretas. Pero también destaca que si aparece una tercera que tenga aún más preferencia por una de las dos, la sustancia se romperá y se formará otra.

La afinidad no era una idea nueva, pero Geoffroy intentaba establecer este orden de preferencias. Y a mediados del siglo XVIII ya habían aparecido decenas de tablas de afinidades. Averiguar las causas de estas afinidades y establecer claramente qué sustancias eran afines y con qué intensidad se convertiría en uno de los problemas básicos de la química del siglo. Y la idea de que actúa alguna fuerza equiparable a la atracción gravitatoria está presente en la mayoría de autores. Si bien Geoffroy no hace ninguna mención a ello probablemente porque la Francia cartesiana encajaba aún mal –intelectualmente y patrióticamente– el triunfo de Newton.

En 1775 aparece otro texto importante sobre el tema. Lo elabora el sueco Tornbern Bergman y se titula *Las afinidades electivas*. Fue traducido al alemán en 1782 y Goethe no solo lo conocía sino que en una carta a un amigo reconocía que el título de la novela había surgido del que llevaba este tratado. Más adelante veremos que la semejanza no acaba en el título.

Podríamos pensar que Goethe, pues, extrae el título, algunas referencias explícitas e incluso la trama de un problema muy actual para los químicos de la época. Sin embargo, hay que matizarlo, porque poco a poco la idea de afinidad tal como se formulaba va desdibujándose y finalmente desaparecerá. En 1803, Claude Louis Berthollet dice que hay factores como la concentración, la temperatura o la presión que afectan a la afinidad. Así explica que hubiesen fracasado los intentos de encontrar





El matrimonio formado por Edouard y Charlotte, protagonistas de *Las afinidades electivas*, se verá alterado cuando llegue un amigo del primero, el capitán, y una sobrina de Charlotte, Otilie. Los hechos que se producirán se resumen en la conversación que mantienen el matrimonio y el capitán, representado en la versión cinematográfica en el esquema que realiza el capitán en la pizarra: Si tenemos una pareja estrechamente unida (A y B) y aparece otra pareja que se comporta de igual manera (C y D), entonces A se lanzará sobre D, y C sobre B. En las imágenes, diferentes fotogramas de la película *Las afinidades electivas* (1996), dirigida por Paolo y Vittorio Taviani.

unas leyes y unas relaciones cuantitativas bien establecidas, que diesen a las reacciones químicas un fundamento tan predictivo como las leyes de Newton a los movimientos de los astros.

Alrededor del año en el que aparece la novela de Goethe, científicos como Humphry Davy y Jöns Jacob Berzelius ya han empezado a elaborar una teoría electroquímica que daba un nuevo enfoque a las reacciones entre sustancias. Intentando explicar la electrólisis, se constata que las superficies cargadas eléctricamente, sea positiva o negativamente, alteran el equilibrio y pueden modificar incluso la afinidad electiva que tendrían determinadas sustancias. Ya más entrado el siglo XIX, aparecerían los trabajos sobre termodinámica química, que incluirían nuevos factores a las explicaciones sobre la afinidad entre sustancias. La expansión de la industria obligaba también a caracterizar de manera mucho más precisa, e incluso cuantificable, estas relaciones.

A finales de siglo, la química física introduce modelos y obliga a hacer cálculos matemáticos para explicar las reacciones. Cada vez se conocían más factores que

inflúan en las reacciones y con más precisión. Y ya a finales de los años treinta del siglo XX, Linus Pauling publica *La naturaleza del enlace químico*, donde aplica la mecánica cuántica a la química, explica cómo se combinan los átomos para formar moléculas estables y señala, también, por qué se forman unas y no otras.

Todo eso permite comprender que, efectivamente, las llamadas afinidades electivas eran un tema destacado en la química del siglo XVIII, pero también que cuando Goethe publica la novela la idea ya está bastante cuestionada, básicamente por la incapacidad de ponerla como base de un esquema consistente y global de la formación y la destrucción de compuestos.

#### ■ LAS LEYES DE LA NATURALEZA Y DE LAS RELACIONES HUMANAS

En todo caso, también debería quedar claro que la metáfora de Goethe va mucho más allá de un título que copia el de un tratado científico de la época. No debería sorprender la semejanza entre algunos párrafos de la no-



© Filmtre-Gierre Film

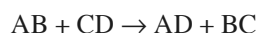
vela, que hemos reproducido antes, y otros del libro de Bergman. Así, recordaremos una explicación del capitán si leemos la que hace Bergman:

Sea una sustancia *A* que otras sustancias heterogéneas *a*, *b*, *c* atraen: supongamos, por otro lado, que *A* combina con *c* hasta el punto de saturación, lo que designamos como la unión de *A* y de *c* = *Ac*, tiende a unirse a *b* cuando se le añade, y se separa de *c*. Se dice entonces que *A* atrae más fuertemente a *b* que a *c*, o que *b* tiene una atracción electiva más fuerte que *c*. Supongamos finalmente que *Ab* se descompone por la adición de *a*, que *b* sea rechazada, y que *a* tome su lugar, se deducirá que la fuerza atractiva de *a* supera a la de *b* y que la serie *a*, *b*, *c*, etc. será exactamente el orden de eficacia de las fuerzas atractivas de estas tres sustancias.

Existe, según Bergman, un orden natural de las sustancias, y después pone ejemplos concretos. Y aquí no desentonaría la explicación que el capitán hace sobre la piedra calcinal y el ácido.

Pero Goethe no se limita a introducir en la novela estas referencias. De hecho, la noción de afinidad electiva, de unas leyes que obligan a ciertas uniones e impiden otras, recorre la obra. Es por eso que al final las reacciones de ruptura y reordenación de las personas-sustancias y las parejas-moléculas se producen, pero no de la ma-

nera como Edouard había explicado. La sustancia que separa *A* (Edouard) de *B* (Charlotte) no es *C* (el capitán), sino *D* (Otilie). Al mismo tiempo, Charlotte no evita la soledad gracias a Otilie, sino precisamente gracias al capitán. De aquí que alguna vez la novela se ha esquematizado en esta forma:



Si bien aquí falla la existencia de *CD*, una pareja que integrarían el capitán y Otilie y que en realidad no existe nunca. Pero el hecho es que si analizamos el carácter de cada personaje, la reacción debía producirse inevitablemente. Edouard es inmaduro, egoísta y caprichoso. Otilie es una chica muy joven, frágil e inexperta. Charlotte es racional y previsora. El capitán es también racional, pero además es inteligente, honrado y resolutivo. Si la afinidad electiva funciona, no hay otra reacción posible. Edouard tiene que sentirse atraído por Otilie y Charlotte y el capitán deben acabar juntos. Incluso es imposible que cuando Edouard y el capitán marchan a la guerra, nuevos pretendientes tengan algún tipo de posibilidad con Charlotte o con Otilie: no hay afinidad.

Destaca, pues, este funcionamiento ineluctable de las cosas, una especie de mecanismo social que funciona como un conjunto de engranajes y que constituye un destino inevitable. Está claro que los personajes pueden rebelarse, pero al final lo que prima es la ley natural, como pasa con los objetos y con las sustancias. Eso no quita que la novela sea claramente romántica y que el final sea trágico.

Como colofón, podríamos tomar la metáfora y aplicarla a Goethe y a su obra en conjunto. Apasionado de la ciencia, no se limitó a cultivarla y a dejar trabajos notables –así como errores colosales–. No solo fue organizador de estudios técnicos y de estructuras industriales. Encontramos desperdigadas por sus obras literarias numerosas referencias científicas. El hombre que quería pasar a la historia sobre todo como científico alcanzó una grandeza literaria que eclipsó su otra vertiente. Pero incluso así esparció ciencia por su obra narrativa y poética. Era como si las afinidades electivas ineluctables también hubiesen producido finalmente una reacción que, sin romper nada, formaba una nueva y valiosa pareja entre la química y la literatura. ☺

#### BIBLIOGRAFÍA

- BROCK, W. H., 1998. *Historia de la Química*. Alianza. Madrid.
- GOETHE, J. W., 1991. *Les affinités electives*. Proa. Barcelona.
- GOETHE, J. W., 1999. *Las afinidades electivas*. Cátedra. Madrid.
- JOLY, B., 2006. «Les Affinités electives de Goethe: entre science et littérature». *Methodos*, 6. Disponible en: <<http://methodos.revues.org/482>>.

**Xavier Duran**. Químico y periodista científico, director del programa *Medi Ambient* de TV3.



Art by [unclear]  
2016

# PRINCIPIOS, ELEMENTOS Y SUSTANCIAS

## LA INFLUENCIA DE LA FILOSOFÍA EN LA REVOLUCIÓN QUÍMICA

Nicholas W. Best

Cuando Lavoisier habla de oxígeno no tiene en mente la misma idea que un químico contemporáneo. La diferencia entre un concepto y otro es un problema fundamental a la hora de estudiar las teorías químicas anteriores y posteriores a la revolución química. La filosofía empirista –la idea de que todo el conocimiento del mundo se obtiene a través de los sentidos– llevó a Lavoisier a redefinir los objetivos de la química y a insistir en que solo afectan a sustancias tangibles. Es esta convicción compartida de que la química se ocupa solo de los materiales de nuestra experiencia lo que permitió a la ciencia progresar continuamente pese a ulteriores cambios teóricos y lo que nos permite decir que el oxígeno que observamos hoy es la misma sustancia descrita durante la revolución química.

Un aspecto fundamental del movimiento ilustrado del siglo XVIII fue la desconfianza respecto al desarrollo de sistemas elaborados pero muy especulativos como los que habían sido el orgullo de los filósofos naturales racionalistas del siglo XVII. Destacados pensadores como Denis Diderot y el abate de Condillac promovieron que las ciencias naturales fuesen más empíricas, que se confiase más en la experimentación y menos en la razón pura.

Condillac sostenía que el conocimiento se construye totalmente a partir de la experiencia sensorial, pero se conforma mediante el análisis lógico, como por ejemplo, la descomposición de una idea en partes más simples y, al contrario, la síntesis de lo complejo a partir de lo más simple. Defendía que el lenguaje representa un papel importante en este proceso y que un lenguaje lógico claro es necesario para elaborar las ideas complejas implicadas en las teorías científicas.

Antoine Lavoisier (1743-1794) estuvo muy influido por pensadores empiristas como Condillac y Gabriel-François Venel, e incorporó las ideas de estos a su método de investigación. Sus experimentos, tan elegantes, fueron cruciales a la hora de sentenciar las teorías químicas que proponían principios invisibles, como la teoría del flogisto para la combustión. Por otra parte, Lavoisier puso en práctica en

el laboratorio el método de Condillac de análisis por descomposición y recomposición y demostró que el agua se compone de ingredientes más básicos; mostró que podía ser descompuesta en hidrógeno y oxígeno, pero también se propuso producir una nueva muestra de agua obtenida a partir de estos gases a fin de que su conclusión fuese irrefutable.

Otros reformadores como Louis-Bernard Guyton de Morveau, Antoine-François Fourcroy y Claude Louis Berthollet admitieron que la nomenclatura química necesitaba desesperadamente una normalización. Cuando Lavoisier se sumó a este movimiento revolucionario aportó objetivos más específicos: hacer realidad la ambición de Condillac de producir un lenguaje científico puro y de consagrarse a la nueva química desflogistizada.

**«LOS DESCUBRIMIENTOS  
EXPERIMENTALES DE  
FINALES DEL SIGLO  
XVIII TRASTOCARON  
COMPLETAMENTE LA FORMA  
EN LA QUE LOS QUÍMICOS  
VEÍAN LOS MATERIALES»**

**ELEMENTOS, PRINCIPIOS  
Y TEORÍA DEL CAMBIO**

Los descubrimientos experimentales de finales del siglo XVIII trastocaron completamente la forma en la que los químicos veían los materiales: no solo se cambió el nombre de las sustancias, los elementos se convirtieron en compuestos y muchos compuestos se reconocieron como elementos. Los drásticos cambios teóricos que constituyen la revolución química a veces han

sido subestimados como si fuesen una mera oposición a la teoría anterior. Al reconsiderar el proceso de combustión, por ejemplo, la liberación del flogisto (el anterior principio del fuego) se puede substituir por la absorción de oxígeno (y la liberación de calórico, como el nuevo principio del calor). Esto parece particularmente simple en el caso de la combustión y la reducción de metales, pero el cambio conceptual que implica esta inversión era en realidad bastante radical. Antes de la revolución química las menas se consideraban sustancias simples, mientras que los metales se tenían por compuestos; a partir de la revolución los metales pasaron a ser sustancias simples y los minerales, compuestos. Según la teoría química del flogisto de Georg Ernst Stahl (1659-1734), una mena (la *cal*, como la llamaba él) se podía transformar a un estado metálico (*régulo*) mediante la adición de flogisto (o de una cantidad de material rico en flogisto, como el carbón), es decir,  $cal + \text{flogisto} \rightarrow \text{metal (régulo)}$ .

Y al revés, un metal en su estado metálico no natural podría oxidarse o arder, es decir, volver a su estado natural de *cal*, liberando flogisto:  $\text{metal (régulo)} \rightarrow cal + \text{flogisto}$ . La teoría de la combustión por oxígeno invirtió este proceso completamente: la reducción de los metales se consideró como la eliminación del oxígeno de un mineral (el óxido):  $\text{óxido de metal} + \text{carbón} \rightarrow \text{óxido de carbón} + \text{metal}$ . Y la combustión de un metal era simplemente la adición de oxígeno del aire:  $\text{metal} + \text{oxígeno} \rightarrow \text{óxido de metal} (+ \text{calórico})$ .

Esta reforma no es tan simple como puede parecer a simple vista. El cambio de representación teórica también es un cambio de mentalidad, de visión del mundo. Aunque muchos metales no cambiaron de denominación, los conceptos químicos fueron muy diferentes antes y después.

La redefinición de procesos tan familiares estuvo acompañada por un cambio todavía más radical en lo referente a los elementos químicos. A lo largo de la Edad Media, los aristotélicos tierra, fuego, aire y agua eran el único repertorio ortodoxo de elementos. Ya algunos alquimistas habían propuesto listas alternativas de principios elementales: Paracelso y sus seguidores creían que todos los cambios químicos se debían a la combi-

nación de mercurio, azufre y sal, y muchos alquimistas franceses afirmaban que había cinco principios: espíritu (mercurio), aceite (azufre), sal, flema (agua) y tierra. Los defensores de estos sistemas generalmente reconocían que los cuatro elementos de Aristóteles eran las piedras capitales pero que sus principios, contruidos a partir de los elementos, bastaban para explicar todos los fenómenos químicos.

Aunque usaban sobre todo nombres de lo más común, los alquimistas y los primitivos químicos que utilizaban estos sistemas de principios no creían que fuesen agua, sal o mercurio ordinarios, ni siquiera muestras muy puras de estas sustancias tan comunes. Bien al contrario consideraban estos principios como arquetipos místicos: el mercurio filosófico o *sófico* de los alquimistas era el principio de la volatilidad, que se encuentra en el mercurio común pero también en otras sustancias volátiles; el azufre sófico se encontraba en todos los cuerpos inflamables y la sal sófica, en los cuerpos sólidos. Incluso en una fecha tan tardía como el siglo XVII esta clase de principios formaban parte de la química, de hecho el flogisto no era más que el nombre que Stahl daba al azufre filosófico, el principio de la inflamabilidad.



Étienne Bonnot, abate de Condillac (1715-1780), adoptó el empirismo de John Locke, cuyo punto de vista filosófico asegura que todo conocimiento proviene originariamente de los sentidos. Condillac afirmaba que es el lenguaje lo que nos permite ordenar nuestras sensaciones para convertirlas en conocimiento y, por tanto, inspiró la reforma de la terminología química de Lavoisier.

**«ANTOINE LAVOISIER  
ESTUVO MUY INFLUIDO POR  
PENSADORES EMPIRISTAS  
COMO CONDILLAC Y  
GABRIEL-FRANÇOIS VENEL,  
E INCORPORÓ LAS IDEAS  
DE ESTOS A SU MÉTODO DE  
INVESTIGACIÓN»**

#### ■ LA SIMPLIFICACIÓN DE LAVOISIER

Los químicos franceses continuaron fieles, aunque fuese de boquilla, al sistema aristotélico de los cuatro elementos hasta la generación precedente a la revolución química, pero Lavoisier acabó con esto de una vez por todas cuando

consiguió demostrar que el agua se podía descomponer en los dos gases que más tarde llamaría *hidrógeno* y *oxígeno*. La reforma terminológica que se llevó a cabo durante la revolución química no trataba solamente de normalizar los nombres; Lavoisier substituyó los sistemas anteriores de principios por su propia tabla de sustancias simples, pero sin pronunciarse sobre cuáles de ellas eran los elementos fundamentales. Al igual que Condillac, dudaba de que alguien supiese cuáles eran los componentes más pequeños de la materia, y en lugar de tratar de averiguarlo, optó por el pragmatismo y dio una definición empírica de los elementos: «Si utilizamos el

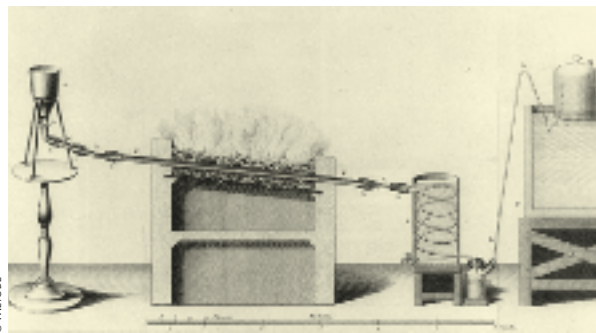
término *elementos* o *principios de los cuerpos* para expresar nuestra idea sobre el último punto que un análisis es capaz de alcanzar, entonces todas las sustancias que no hayamos podido descomponer las consideraremos elementos.» Aquí la innovación de Lavoisier era la insistencia en que lo que nosotros llamamos elementos son algo real, sustancias tangibles, a diferencia del mercurio sófico y el flogisto de las generaciones anteriores.

Esta definición empírica de «sustancias simples» le permitió reformular los límites la química. «El principal objetivo de la química experimental es descomponer los cuerpos naturales, con el objeto de examinar separadamente las diferentes sustancias que entran en su composición.» Esta distinción entre la química práctica y la teoría metafísica de la materia es más clara que en la mayoría de los predecesores de Lavoisier. Por ejemplo, Stahl había tratado de definir la química como la ciencia de los *mixts* (sustancias producto de componentes íntimamente unidos), en contraposición a la física, que se ocupaba de agregados (conjuntos de compuestos meramente yuxtapuestos).

El distanciamiento respecto a la metafísica ha contribuido en gran medida al alto grado de progresión del que ha disfrutado la química desde esta colosal revolución. Al reconocer que no tenía un conocimiento fidedigno de los átomos y limitarse a describir fenómenos observables, Lavoisier consiguió evitar debates sobre cómo reducir las reacciones químicas e interacciones mecánicas entre partículas de formas intrincadas que tuviesen lugar en la frontera entre la química y la física de finales del siglo xvii e inicios del xviii (antes se consideraban campos completamente independientes). Así pues, la química se convirtió en una ciencia de laboratorio, cada vez más alejada de los aspectos más especulativos de la «filosofía natural».

#### ■ EL PROBLEMA FILOSÓFICO DE LA REFERENCIA EN QUÍMICA

Los químicos modernos hablan de combustión con un lenguaje casi idéntico al de Lavoisier, pero completamente diferente a la terminología basada en el flogisto anterior a la revolución química. Sin embargo, existen diferencias teóricas tan grandes que debemos tener cuidado de no interpretar la química post-revolucionaria como conceptualmente idéntica a la nuestra. Hay tres diferencias importantes que nos aconsejan resistirnos incluso a decir que el oxígeno de Lavoisier es el mismo que



Aparatos de Lavoisier para la descomposición del agua. Profundizando en el trabajo experimental de James Watt y Henry Cavendish en Gran Bretaña y Gaspard Monge en Francia, Lavoisier demostró de manera concluyente que el agua no era un elemento; para ello descompuso y luego recompuso el agua en sus partes constituyentes.

### «LOS QUÍMICOS FRANCESES CONTINUARON FIELES AL SISTEMA ARISTOTÉLICO DE LOS CUATRO ELEMENTOS HASTA LA GENERACIÓN PRECEDENTE A LA REVOLUCIÓN QUÍMICA»

el nuestro. Ahora sabemos que el oxígeno se compone de moléculas de dos átomos, con una estructura interna aún más profunda; nuestro oxígeno no es el principio de acidez, como lo era para Lavoisier, ni tiene nada que ver con el calórico, mientras que para Lavoisier ambos estaban íntimamente relacionados.

Ahora sabemos que el oxígeno es un gas compuesto de moléculas bi-atómicas, que cada átomo se

compone de ocho protones con cierto número de neutrones y electrones. Pero eso tiene poco interés; Lavoisier casi admitió que el futuro podría deparar esta clase de descubrimientos y su negativa a especular acerca de los niveles más fundamentales de análisis sugiere que esperaba un futuro estudio para dilucidar una estructura más detallada. Por tanto podemos decir que los estudios más profundos sobre el elemento que hoy llamamos *oxígeno* no refutan por sí solos sus afirmaciones.

Pero la cuestión no es simplemente que nuestro concepto de oxígeno sea más complejo que el que tenía Lavoisier —no olvidemos que la teoría de la combustión que planteó estaba íntimamente ligada a su teoría de la acidez—. Cuando, en 1777, Lavoisier publicó por primera vez su teoría de la combustión, lo llamó el «principio de oxígeno», a partir del prefijo griego *oxi-*, que significa “ácido” y el sufijo *-genes*, “generator”. Desde hacía mucho tiempo se sabía que los no metales inflamables como el azufre producen ácidos (lo que hoy llamamos *anhídridos de ácido*), por eso Lavoisier infirió que el oxígeno obtenido mediante la combustión es la causa de la acidez. Sin embargo ahora ya no pensamos que todos los ácidos contienen oxígeno, ni tampoco que el oxígeno es la causa inmediata de la acidez en los compuestos áci-

Table of simple substances from Lavoisier's *Elements of Chemistry* (1789). The table lists various elements and compounds, organized into columns and rows, with handwritten notes and a small circular diagram at the top center.

© Museo Galileo. Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze

PARTIE II. DES SUBSTANCES SIMPLES. 135

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	NOMS DÉTERMINÉS.	NOMS ANCIENS CORRESPONDANTS.
Substances simples, qui appartiennent aux trois règnes, et qu'on peut regarder comme les éléments des corps.	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluïde igné. Feu.
	Colorique.....	Matière du feu et de la chaleur. Air éphémérique. Air végétal. Air animal. Base de l'air vital. Gaz phlogistique. Métal.
Substances simples, métalliques, oxydables et volatiles.	Acide.....	Base de la métalle. Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
	Hydrogène.....	Scorie. Phosphore. Phosphore. Charbon pur. Inconnu. Radical nitrique. Inconnu. Radical boracique. Inconnu. Antimoine. Antimoine. Argent. Argent. Arsenic. Arsenic. Bismuth. Bismuth. Cobalt. Cobalt. Craie. Craie. Étain. Étain. Fer. Fer. Magnésium. Magnésium. Manganèse. Manganèse. Nickel. Nickel. Or. Or. Platine. Platine. Plomb. Plomb. Tungstène. Tungstène. Zinc. Zinc.
Substances simples, volatiles, inconnues.	Chaux.....	Terre calcaire, chaux. Magnésie, base de l'acide d'Époux. Baryte, terre pesante. Alumine. Argile, terre de l'Inde, base de l'Alun. Silice. Terre siliceuse, terre vitrifiable.

© Museo Galileo. Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze

«Tabla de sustancias simples», *Elementos de química* de Lavoisier (1789). Aunque muchas sustancias conservaron sus antiguos nombres, fueron redefinidas en el marco del nuevo sistema: muchos elementos se convirtieron en compuestos y muchos compuestos pasaron a considerarse «sustancias simples».

dos que contienen oxígeno. Si *oxígeno* siempre significó “principio de acidez”, tendríamos que llamar *oxígeno* a cualquier sustancia que consideremos agente activo de la acidez: cuando Humphrey Davy descubrió que el hidrógeno era el componente determinante de los ácidos, tendría que haberlo llamado *hidrógeno oxígeno*. Gilbert Lewis definió un ácido como una sustancia química que puede aceptar un par de electrones, por lo que podría haber usado la palabra *oxígeno* para referirse a toda una serie de electrófilos.

Incluso en el caso de que dejemos de lado la cuestión de los ácidos y consideremos el oxígeno solo en calidad de agente de la combustión –que todavía pensamos que lo es–, no se puede decir que el concepto moderno de oxígeno basado en la combustión sea el mismo que el que aparece en la teoría de Lavoisier porque su modelo también incluía el calórico, un «fluido sutil». Sería completamente erróneo sugerir que, cuando Lavoisier habló de «calórico», quería referirse a algo parecido a la no-

«SOLO GRACIAS A LA NOCIÓN TAN TANGIBLE DE ELEMENTO QUE APORTÓ LAVOISIER, PODEMOS CREER EN LA CONTINUIDAD DE NUESTRAS CATEGORÍAS QUÍMICAS, INCLUSO DESPUÉS DE CAMBIOS COMO LOS QUE HA VIVIDO LA TEORÍA QUÍMICA»



Portada de la *Physica Subterranea* de J. J. Becher y G. E. Stahl (Lipsiae Glenditsch, 1738) en la que se expusieron las primeras formulaciones de la teoría del flogisto. La figura humana representa a la Tierra, en cuyas entrañas se forman los siete metales, siempre bajo la influencia de los siete planetas.

ción moderna de calor; de hecho conocía perfectamente la teoría que define el calor como energía cinética pero la desestimó. El intercambio neto de energía procedente de la ruptura y la reagrupación de los enlaces químicos, lo que los químicos hoy en día suelen explicar como calor liberado en las reacciones de combustión, es muy diferente del fluido calórico de Lavoisier, una supuesta sustancia física que se calienta introduciéndose entre las moléculas. Y la equivocación de Lavoisier no se queda aquí, toda su noción de oxígeno se basa en este error.

**«LOS QUÍMICOS MODERNOS  
HABLAN DE COMBUSTIÓN  
CON UN LENGUAJE CASI  
IDÉNTICO AL DE LAVOISIER,  
PERO COMPLETAMENTE  
DIFERENTE A LA  
TERMINOLOGÍA BASADA EN  
EL FLOGISTO»**

#### ■ EL EMPIRISMO GARANTIZA EL DEBATE CIENTÍFICO

Sin embargo, los químicos actuales continúan usando la palabra de Lavoisier, *oxígeno* y si pueden usarla es gracias a la definición empírica que hizo Lavoisier de «elemento».

Antes de la revolución química, los que defendían los tres elementos y los modelos de cinco elementos mantenían debates muy poco productivos porque sus entidades teóricas eran bastante místicas y difíciles de definir y porque cada teoría manejaba entidades diferentes, que solo representaban un papel en sus respectivos sistemas. De la misma manera, puede ser muy difícil para cualquiera después de la revolución química criticar de manera consistente la teoría del flogisto.

Si el oxígeno tan solo era un principio químico como los de los alquimistas y los químicos primitivos, negar

la existencia del calórico o refutar el papel del oxígeno en la acidez será como negar la existencia del oxígeno, pero el empirismo ilustrado cambió la naturaleza de las teorías químicas. Hacia 1789 Lavoisier había renunciado a la palabra *principio* y había optado por llamarlo simplemente *oxígeno* (*oxygène*) y lo había incluido en su tabla de «sustancias simples», de acuerdo con su adhesión al empirismo. Es decir que, aunque químicos anteriores y posteriores hayan discrepado sobre algunas de sus características, todavía se puede hablar con propiedad sobre el oxígeno o sobre cualquier otra sustancia que puedan señalar.

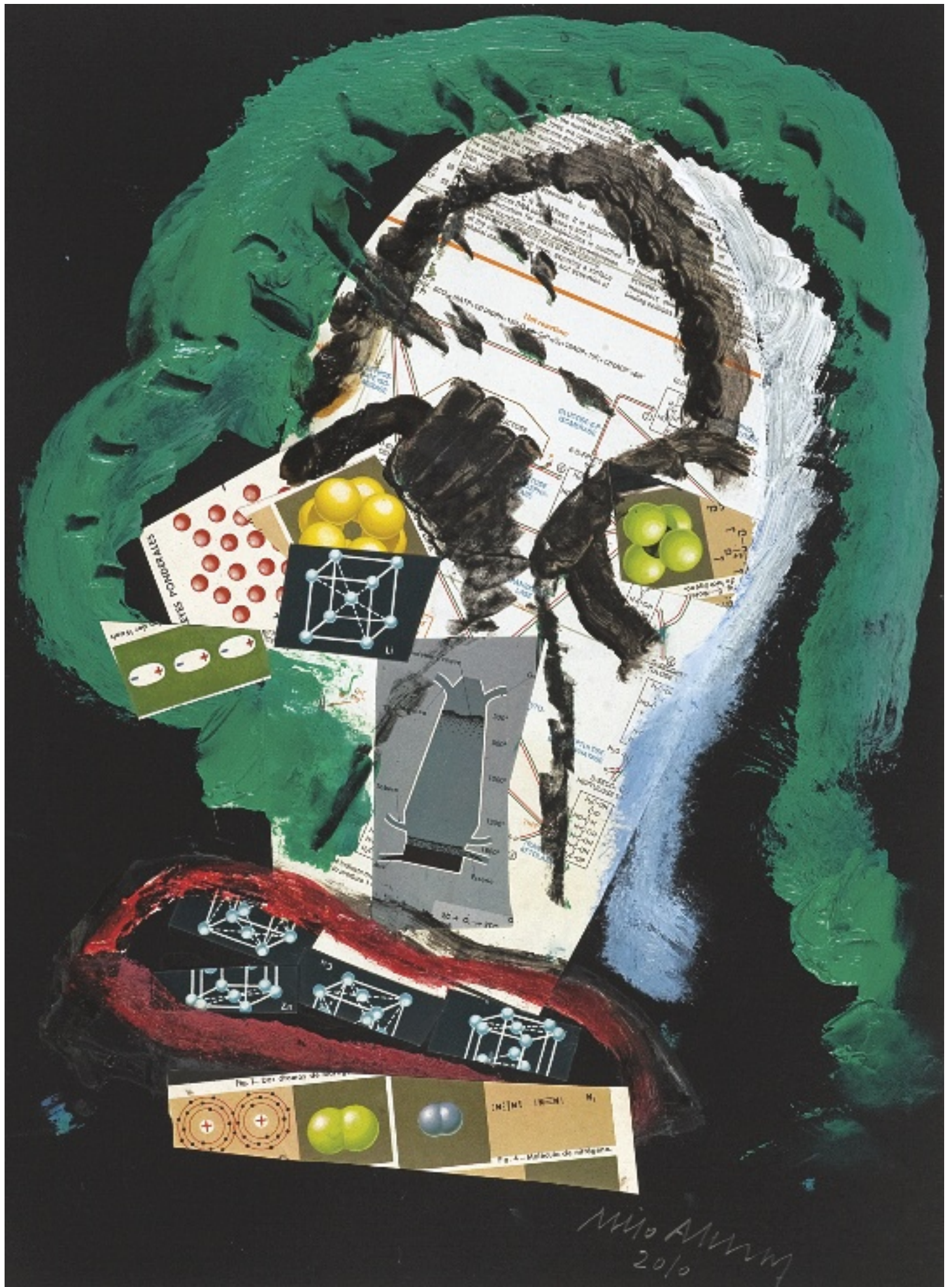
Solo gracias a la noción tan tangible de elemento que aportó Lavoisier, podemos creer en la continuidad de nuestras categorías químicas, incluso después de cambios tan fundamentales como los que ha vivido la teoría química. Estos avances no habrían sido posibles con tres, cuatro o cinco sistemas de principios. Ni siquiera con las versiones posteriores de la química flogística. Estos principios nunca han sido aislados –ni tan solo hipotéticamente–; nunca nadie ha podido señalar un frasco y decir: «eso es el flogisto», y mucho menos ha vuelto a hacer acto de presencia este nombre en las reconceptualizaciones teóricas posteriores. El conocimiento práctico permitió a Antoine Lavoisier refutar la existencia del flogisto, pero fue la filosofía ilustrada lo que cambió la manera de trabajar en química. Más que cualquier otra cosa, fue el trecho que recorrió Lavoisier desde los principios alquímicos hasta las sustancias lo que puso a la química en el camino hacia el concepto moderno de elemento. ☺

#### BIBLIOGRAFÍA

- BENSAUDE-VINCENT, B., 2009. «Philosophy of Chemistry». In BRENNER, A. y J. GAYON (eds.). *French Studies in the Philosophy of Science*. Springer. Heidelberg, Dordrecht, Nueva York.
- HENDRY, R. F., 2005. «Lavoisier and Mendeleev on the Elements». *Foundations of Chemistry*, 7: 31-48.
- McEVROY, J. G., 1988. «Continuity and Discontinuity in the Chemical Revolution». *Osiris*, 4: 195-213.
- PYLE, A., 2001. «The Rationality of the Chemical Revolution». In NOLA, R. y H. SANKEY (eds.). *After Popper, Kuhn and Feyerabend: Recent Issues in Theories of Scientific Method*. Kluwer. Dordrecht.
- SANKEY, H., 1991. «Translation Failure between Theories». *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 22: 223-236.
- WISE, M. N., 1993. «Mediations: Enlightenment Balancing Acts, or the Technologies of Rationalism». In HORWICH, P. (ed.). *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*. The MIT Press. Cambridge, Mass.

Nicholas W. Best. Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia, Indiana University (EE UU).





# ¿CON QUÉ EXPERIMENTABAN LOS QUÍMICOS?

## LAS SUSTANCIAS MATERIALES EN LA QUÍMICA DEL SIGLO XVIII

Ursula Klein

Los historiadores de la química han tratado de acercar esta ciencia a la física, tomándola como modelo de todas las ciencias. La atención se ha fijado en cuestiones como los átomos, las afinidades y las teorías newtonianas de las fuerzas de atracción o en el papel de principios hipotéticos como el flogisto, olvidando a menudo que la química es una ciencia experimental que se ocupa del estudio de la materia y de sus cambios. En los últimos años, los historiadores de la química han comenzado a preguntarse sobre el tipo de sustancias que han participado en los experimentos del pasado y del presente. En los siguientes párrafos veremos que las sustancias estudiadas por los químicos del siglo XVIII difieren en gran medida de las modernas «sustancias químicas» y nos preguntaremos si la llamada «revolución química» provocó un cambio profundo, revolucionario, en el tipo de sustancias implicadas en los experimentos químicos.

En el siglo XVIII, los químicos estudiaron un amplio abanico de sustancias materiales, desde plantas enteras, raíces, hojas, flores, huesos, pelo, uñas y otras estructuras organizadas vegetales y animales, a bálsamos, resinas, gomas, aceites, grasas y sangre extraídos a partir de plantas o animales; desde carbón, brea, petróleo y otros minerales en bruto, a materiales artificiales, como cerámica, porcelana y vidrio, y, por supuesto, las formas de procesamiento de sustancias naturales como los metales, ácidos minerales, álcalis y sales. Si incluimos todos los tipos de materias primas y sustancias que los químicos de la época estudiaban en sus laboratorios y describían y clasificaban en sus escritorios, el número asciende a millares.

Desde una perspectiva actual, las plantas, raíces y el resto de órganos vegetales no serían identificados como objeto de investigación de la química sino de la biología. En el siglo XVIII, sin embargo, los límites entre las disciplinas eran diferentes. La exclusión de estas sustancias «impuras» de los programas de la química

universitaria se completó a mediados del siglo XIX. Así, de todo el grupo de sustancias tratadas en el siglo XVIII –como metales, minerales, ácidos, álcalis y sales–, tan solo un pequeño conjunto se reconoce hoy de inmediato como «sustancias químicas» típicas.

En el siglo XVIII, este grupo de «sustancias químicas» tenía una consideración especial, marcaba el orden en la química y en la enseñanza y aprendizaje de esta disciplina. Estas sustancias, y solo estas sustancias, se ordenaron en las tablas de las afinidades químicas del siglo XVIII, así como en la famosa tabla de la nomenclatura química, publicada en 1787 por Antoine-Laurent Lavoisier y sus colaboradores. En la tabla química lavoisieriana, que muchos historiadores de la química

consideran el símbolo de la revolución química, se alistó un impresionante número de metales, bases acidificables, álcalis, tierras, óxidos metálicos, compuestos de óxidos metálicos y compuestos de estos, así como gases y sales. ¿Pero de verdad fue este un logro revolucionario?

**«DE TODO EL GRUPO DE  
SUSTANCIAS TRATADAS  
EN EL SIGLO XVIII TAN  
SOLO UN PEQUEÑO  
CONJUNTO SE RECONOCE  
HOY DE INMEDIATO COMO  
“SUSTANCIAS QUÍMICAS”  
TÍPICAS»**

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.

## ■ ¿HUBO REALMENTE UNA REVOLUCIÓN QUÍMICA?

No es posible, por razones de espacio, discutir todos los aspectos interesantes de la tabla química de Lavoisier. Los gases, que Lavoisier consideraba como compuestos de calórico, efectivamente eran un importante grupo de nuevas sustancias que no estaban representadas en las tablas de afinidades. Sin embargo, con respecto a los avances supuestamente revolucionarios de la tabla, hay dos hechos curiosos: en primer lugar, las sustancias químicas que se representan en la tabla se solapan en gran medida con las sustancias materiales consignadas en las anteriores tablas de afinidades químicas. En segundo lugar esta tabla «revolucionaria» también incluye varios tipos de sustancias que fueron excluidas de la química universitaria tras la revolución química: las aleaciones y, en un apéndice, las sustancias vegetales, como aceites vegetales, resinas, tintes y jabones. Solo tras la revolución química, alrededor de 1800, los químicos empezaron a comparar sistemáticamente la composición cuantitativa de un gran número de compuestos basándose en el análisis químico cuantitativo. El objetivo de estos estudios, denominados estequiometría, era desentrañar las regularidades o leyes de la composición química. En el nuevo campo de la estequiometría, los químicos identificaban compuestos puros en el sentido moderno, es decir, compuestos estequiométricos con una composición exacta, invariable cuantitativamente. Entre 1813 y 1814, basándose en la estequiometría y en la teoría atómica de John Dalton, el químico sueco Jöns Jacob Berzelius introdujo fórmulas químicas para designar los compuestos estequiométricos puros. En aquel momento, las aleaciones, que todavía se incluían en la tabla de Lavoisier de 1787, ya no se definían como sustancias químicas propiamente, dado que no se trataba de compuestos estequiométricos. Por otra parte, en las primeras décadas del siglo XIX, la química tradicional orientada a estudiar las plantas y los animales también se sometió a una profunda transformación que permitió que la nueva química orgánica se centrara en los compuestos de carbono estequiométrico y que relegara las sustancias orgánicas no estequiométricas, como aceites vegetales, resinas, tinturas y jabones.

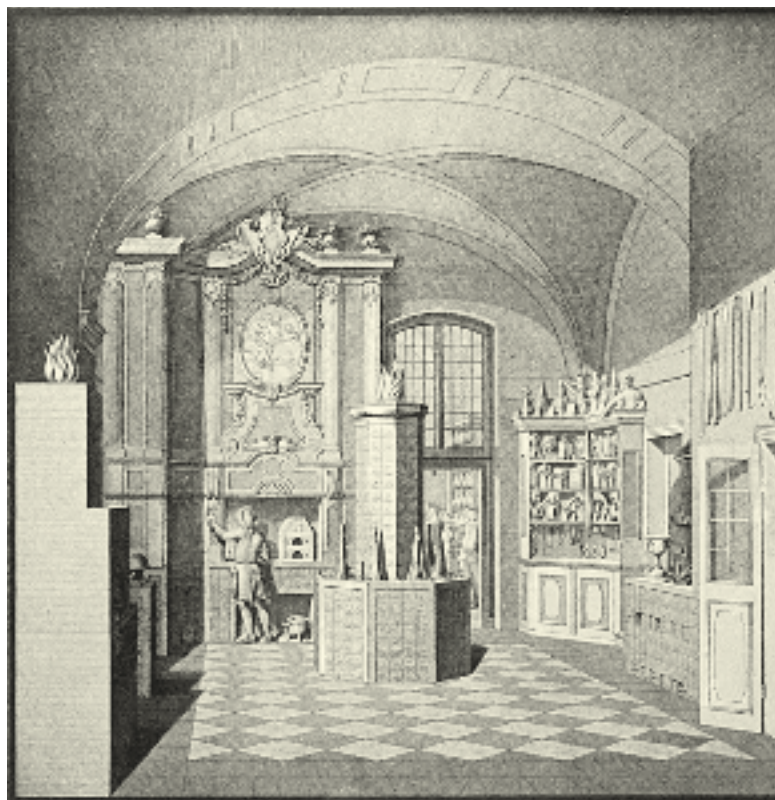
Estos hechos arrojan una nueva luz sobre la revolución química. ¿Por qué consideramos la química lavoisieriana como una revolución científica, si hemos visto que no implicaba un cambio profundo en los tipos de sustancias materiales objeto de investigación química?

Solo varias décadas después de esta revolución, el campo de las sustancias materiales consideradas como verdaderas «sustancias químicas» experimentó una profunda transformación.

## ■ LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS DEL SIGLO XVIII

Tanto las tablas de afinidades del siglo XVIII como la tabla de nomenclatura química de 1787 seleccionaban ciertos tipos de preparados, sustancias químicas tales como metales, ácidos, álcalis, tierras, aleaciones de metales y sales. Todas estas sustancias compartían un conjunto de rasgos característicos. Por un lado, experimentaban transformaciones químicas mucho menos complejas que la gran mayoría de los materiales estudiados por los químicos del siglo XVIII. Por ejemplo, cuando los químicos destilaban hojas de plantas y aceites animales, descomponían estas materias en un gran número de sustancias diferentes, que varían

### «EL CAMPO DE LAS SUSTANCIAS MATERIALES CONSIDERADAS COMO VERDADERAS “SUSTANCIAS QUÍMICAS” EXPERIMENTÓ UNA PROFUNDA TRANSFORMACIÓN»



El pequeño laboratorio de la farmacia de la Corte Real de Berlín. Extraído de Johannes Hörmann, 1898. *Die Königliche Hofapotheke en Berlin (1598-1898)*, Hohenzollern Jahrbuch.



Productos químicos del Museo de Química de la Universidad de Leeds, fundado en 1874.

según la temperatura de destilación y otros factores específicos.

Los químicos del siglo XVIII toparon con dificultades para entender este tipo de procesos químicos y extraer conclusiones fiables y generales sobre la naturaleza de las sustancias materiales y de sus reacciones. Por el contrario, metales, ácidos, álcalis y tierras y las sales que se obtenían de ellos, así como los metales y las aleaciones, se podían someter a reacciones químicas relativamente simples, lo que permitía interpretarlas más fácilmente. Por ejemplo, cuando el cobre se disolvía en ácido sulfúrico se transformaba en una sal (vitriolo de cobre), cuando la solución se evaporaba. Por otra parte, en operaciones químicas posteriores, el vitriolo de cobre podían descomponerlo de nuevo en cobre y ácido sulfúrico (este último en una forma compuesta). Del mismo modo, el cobre y el estaño combinan en la aleación de bronce y el bronce podía ser descompuesto posteriormente en cobre y estaño.

Se trataba, por tanto, de sustancias que se combinaban por parejas formando nuevos compuestos químicos binarios que a su vez se podían descomponer y recuperar en procesos químicos posteriores. Así los químicos disponían de un patrón estable y reproducible de las transformaciones químicas, es decir, descomposiciones y recomposiciones reversibles y simples. En los siglos XVII y XVIII, los estudios de descomposiciones y recomposiciones simples y reversibles de sales y aleaciones permitieron seguir la pista de las sustancias concretas involucradas en un proceso químico e identificarlas como componentes químicos esenciales relativamente estables que se conservan en los compuestos químicos

binarios preparados a partir de ellas. Las tablas de afinidades del siglo XVIII clasificaban y (de acuerdo con las afinidades electivas químicas) ordenaban con precisión este tipo de sustancias, junto con las respectivas composiciones y descomposiciones reversibles y binarias. Así destacaban las sustancias puras, no en el sentido moderno de la pureza dada por la estequiometría del siglo XIX sino en el sentido del siglo XVIII: sustancias químicas individuales, fáciles de identificar que no estaban contaminadas con otras sustancias. Solo décadas más tarde, a partir de 1800 aproximadamente, los químicos identificaron muchas, aunque no todas, de estas sustancias químicas investigadas en el siglo XVIII como compuestos estequiométricos.

#### ■ LA PUREZA QUÍMICA NO SE OponÍA A LA UTILIDAD

¿De dónde venían estas sustancias puras y fácilmente identificables? En el siglo XVIII, la gran mayoría eran materiales cotidianos, productos de las artes y manufacturas. Prácticamente todas las sustancias químicas representadas y ordenadas en la famosa tabla de afinidades químicas de François Geoffroy (1718) y la mayoría de las sustancias químicas agrupadas en la tabla de la nomenclatura química publicada por Lavoisier y sus colaboradores eran materiales de uso cotidiano en el comercio y la industria de la época. El comercio y la industria constituyen el espacio en el que aparecieron la mayoría

de las sustancias químicas del siglo XVIII. Los químicos compraban productos a los comerciantes, farmacéuticos y otros profesionales y los reproducían en sus laboratorios. Así mismo refinaban, estudiaban las propiedades perceptibles y analizaban la composición de estas sustancias tan corrientes. A base de hacer análisis y de volver a sintetizar, particularmente en la segunda mitad del siglo XVIII, los químicos

también introdujeron nuevos tipos de sustancias y nuevas técnicas experimentales que ampliaban los materiales, instrumentos y operaciones artesanales existentes, y los diferentes «tipos de aire» o de gases dan buena fe de ello.

La noción de pureza química a menudo se considera como un concepto opuesto al de utilidad. Pero un análisis histórico atento demuestra que esta idea es un error. Las sustancias representadas en las tablas de afinidades del siglo XVIII y en la tabla de nomenclatura química de 1787 eran pura y fácilmente identificables, pero no solo eso, la mayoría también eran materiales ampliamente utilizados.

#### «EL COMERCIO Y LA INDUSTRIA CONSTITUYEN EL ESPACIO EN EL QUE APARECIERON LA MAYORÍA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS DEL SIGLO XVIII»

A finales del siglo xvii y principios del siguiente el reconocimiento químico de la reversibilidad de la descomposición y composición de estas sustancias fue el resultado de una labor cognitiva que exigía la abstracción del origen y de la aplicación de estas sustancias. Pensamiento abstracto y modelización formaban parte importante de la tabla de afinidades de Geoffroy de 1718, así como de la tabla de nomenclatura química de Lavoisier de 1787.

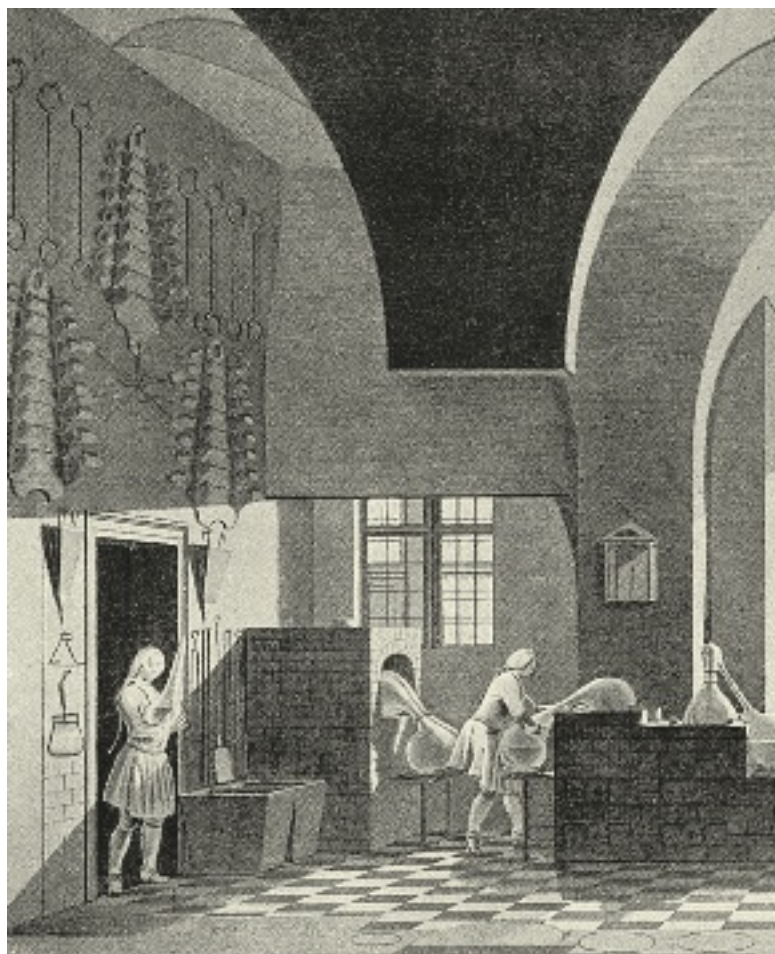
Todo pensamiento conceptual y modalización va asociado, en mayor o menor medida, a las abstracciones. Pero el hecho de que los químicos del xviii construyesen modelos abstractos fundamentales de las sustancias químicas y de las reacciones, así como tablas abstraídas del contexto tecnológico y experimental de las sustancias químicas, no significa que los químicos solamente se acercasen a las sustancias materiales de una forma abstracta. En realidad las estudiaron desde perspectivas muy diferentes, incluyendo las dimensiones perceptibles e imperceptibles, los orígenes y los usos de estas sustancias. Las sustancias puras e identificables, representadas en tablas, eran solo una pequeña parte de un conjunto mucho más amplio de materiales, que incluía minerales en bruto y sustancias procedentes de plantas y animales, la mayoría de los cuales también eran mercancías corrientes.

#### ■ LA CARA SOCIAL Y TECNOLÓGICA

La gran mayoría de las sustancias químicas representadas en las tablas químicas del siglo xviii no fueron producto de la creatividad científica ni de una «provechosa actividad de investigación» de los químicos que trabajaban en instituciones académicas como la Academia Real de Ciencias de París. Las sustancias químicas puras del siglo xviii más bien formaban parte de una cultura material que compartían químicos con formación universitaria, boticarios, ensayadores, técnicos de minas y otros expertos cuya labor técnica e investigaciones tecnológicas implican operaciones químicas.

La historia del concepto ilustrado de pureza química está profundamente incrustada en la tecnología y en la sociedad de este período. La gran atención que los químicos académicos prestaron a las reacciones químicas reversibles y a las tablas de afinidades desde mediados del siglo xviii fue contribuyendo a crear, hacia 1800, el concepto de pureza estequiométrica. El contexto tecnológico tiene un peso importante en este concepto, aunque la estequiometría, al igual que las tablas de química del xviii, se abstrajese a partir del origen y usos de las sustancias.

El estudio de las sustancias puras tenía raíces en los talleres y laboratorios artesanales y no era una empresa



El gran laboratorio de la farmacia de la Corte Real de Berlín. Extraído de Johannes Hörmann, 1898. *Die Königliche Hofapotheke in Berlin (1598-1898)*, Hohenzollern Jahrbuch.

meramente científica. Este tipo de conflicto entre el saber y el hacer no cambió significativamente con el fin del siglo xviii, en la llamada revolución química. Por otra parte, esta revolución ni promovió cambios profundos en el laboratorio de química ni en los estilos de experimentación química ni en los tipos de materias estudiadas por los químicos.

La revolución química significó principalmente una revisión de un conjunto de teorías químicas y, en consecuencia, una redefinición de los tipos de compuestos y sustancias simples: lo que antes era simple se consideró compuesto después, y viceversa. Además de los cambios teóricos y taxonómicos, todos los demás elementos implicados en la revolución química representaron la culminación de los esfuerzos que habían comenzado mucho antes de que Lavoisier subiese al escenario de la química. Lavoisier fue más radical que sus predecesores y contemporáneos en separar la química de su pasado



© MÉTODE

alquímico y de lo que él consideraba que pertenecía a la metafísica. Sin embargo, los historiadores y filósofos de la ciencia probablemente nunca habrían calificado sus logros de «revolución científica» si él y sus colaboradores no se hubiesen atrevido a proclamarla. Como los recientes estudios históricos han demostrado, no hubo ninguna revolución química en los años setenta y ochenta del siglo XVIII.

### ■ EL ESPACIO DE LA QUÍMICA

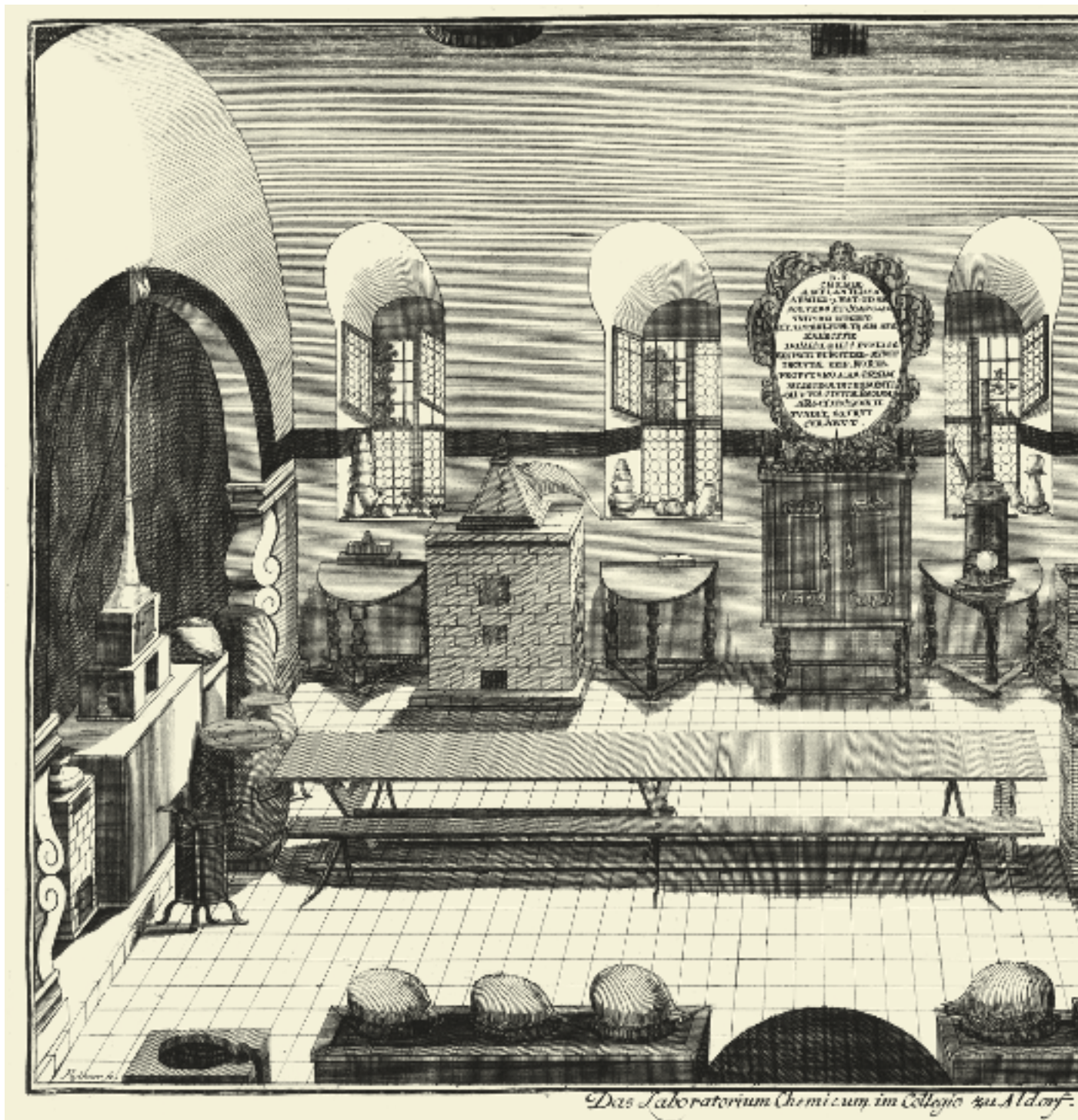
El lugar más importante de las investigaciones químicas naturales y tecnológicas del XVIII fue el laboratorio. La mayoría de los filósofos experimentales y de los naturalistas llevaban a cabo sus ensayos experimentales en una habitación cualquiera. Pero un investigador del siglo XVIII difícilmente habría sido reconocido como químico si no hubiese tenido acceso a un laboratorio. Para ellos el laboratorio era necesario por varias razones. Las técnicas químicas de la época requerían diferentes tipos de hornos de gran tamaño, con las correspondientes chime-

neas, así como fuentes de agua y toneladas de madera o carbón, elementos que no podían desplazarse con facilidad. Era conveniente, si no necesario, disponer de una sala especial para este equipo.

La experimentación también constituía un trabajo sucio que producía un montón de productos malolientes, corrosivos o nocivos que se tuvieron que mantener apartados de los estudios y de la vida cotidiana del hogar. Además, la mayoría de experimentos químicos combinaban diferentes técnicas que requerían gran variedad de recipientes, instrumentos, reactivos y materiales auxiliares, dependiendo del tipo de sustancia con la que se experimentaba y de los objetivos. Almacenar estos recipientes exigía mucho espacio. Los reactivos y las muestras de sustancias, guardadas en frascos y tarros, se tenían que ordenar en anaqueles o armarios y había que protegerlos de la humedad y la corrosión.

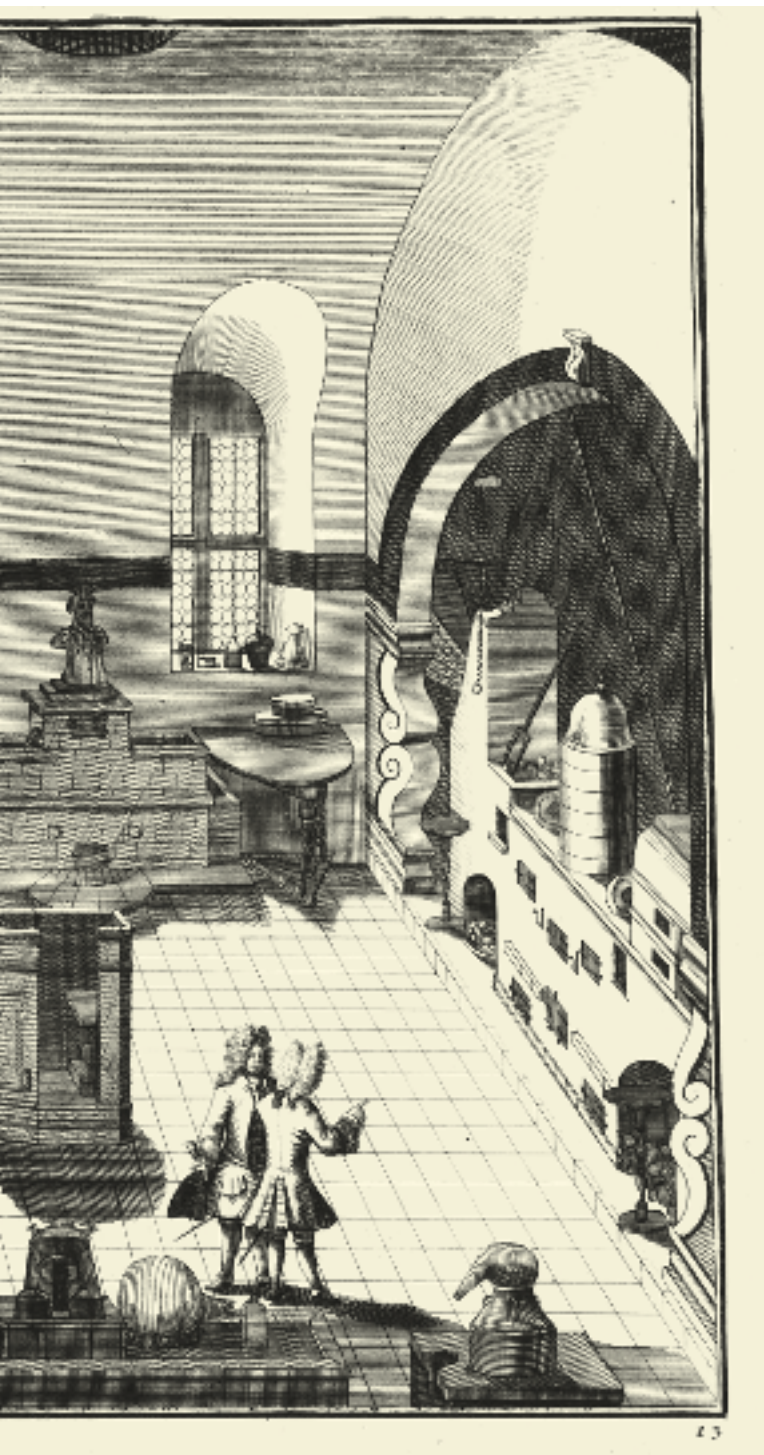
Además, los químicos del siglo XVIII habían establecido una rutina de experimentación, más o menos diaria, en lugar de los ensayos experimentales a menudo interrumpidos y las exhibiciones públicas de experimentos propios de la filosofía experimental. Este modelo de experimentación continua se basaba en una larga tradición histórica. Integraba tanto los objetivos tecnológicos inherentes a esta tradición como los intereses intelectuales predominantes, y los objetos de investigación de los químicos del siglo XVIII, es decir, el estudio del mundo multiforme de las sustancias materiales. En sus historias experimentales y análisis estos químicos estudiarían una sustancia material tras otra. Este estilo de experimentación era, en principio, ilimitado, no solo por el inmenso número de sustancias que se podían someter a experimentación, sino también debido a la productividad material de la experimentación química, dado que las reacciones continuamente brindaban nuevas sustancias.

Nuestra visión global de la experimentación del siglo XVIII ha sido sustancialmente modelada por los historiadores de la física, que ponían énfasis en el surgimiento de la filosofía experimental en el siglo XVII y en la aparición de la cuantificación y la medición de precisión durante la Ilustración. Esto se ajusta con la imagen que tenemos de los laboratorios y los experimentos de precisión de los químicos más famosos del siglo XVIII, como Antoine-Laurent Lavoisier, y de otros filósofos químicos importantes, como Henry Cavendish. Sin embargo, sus laboratorios no eran los típicos. Nuestro interés por estos químicos tan extraordinarios con demasiada frecuencia esconde las penurias de los más comunes, los menos conocidos, los que han contribuido a la química mediante la repetición de operaciones artesanales y la realización de experimentos con instrumentos tan corrientes como retortas, vasos, frascos y crisoles. No



*Das Laboratorium Chemicum im Collegio zu Altdorf.*

Laboratorio de la Universidad de Altdorf. Extraído de Johann G. Puschner, ca. 1720. *Amoenitates Altdorfinae oder eigentliche nach dem Leben der gezeichnete Prospecten löblichen Universidad de Altdorf, Michaelis. Nuremberg.*



«UN INVESTIGADOR DEL SIGLO XVIII  
DIFÍCILMENTE HABRÍA SIDO RECONOCIDO  
COMO QUÍMICO SI NO HUBIESE TENIDO  
ACCESO A UN LABORATORIO»

olvidemos que Lavoisier fue un rico financiero del antiguo régimen que podía permitirse el lujo de comprar los costosos instrumentos de precisión que ponían a la venta los fabricantes de instrumentos más prestigiosos de París, y que muchos químicos, que carecían de medios para comprar esos instrumentos, se lamentaban de ser incapaces de repetir sus experimentos.

En el siglo XVIII se crearon laboratorios en universidades y academias, así como en las escuelas profesionales y técnicas, recién fundadas entonces. Pero también disponían de laboratorios las boticas, las empresas de minería, las plantas metalúrgicas, las cecas, los arsenales, las fábricas de tintes, de porcelana y de productos químicos, las destilerías y las perfumerías.

Había una similitud particularmente estrecha entre los laboratorios farmacéuticos y los académicos. Esto puede verse fácilmente comparando los dibujos y los instrumentos expuestos actualmente en los museos de ciencia y de farmacia. Los mismos tipos de hornos, retortas, alambiques, botes, vasos, frascos, crisoles, y balanzas que los químicos utilizaban en laboratorios universitarios también los empleaban los boticarios para preparar remedios. Tanto los laboratorios de las boticas del siglo XVIII como los laboratorios químicos se establecían a menudo en la planta baja de un edificio y en habitaciones con techos abovedados de piedra. Lo primero era particularmente conveniente para facilitar el abastecimiento de agua y combustible, lo segundo para protegerse contra los incendios. Las ventanas eran muy importantes para que entrase aire fresco y para evacuar los vapores tóxicos. El equipo más importante de ambos tipos de laboratorios eran grandes hornos, una chimenea, y varios tipos de aparatos de destilación.

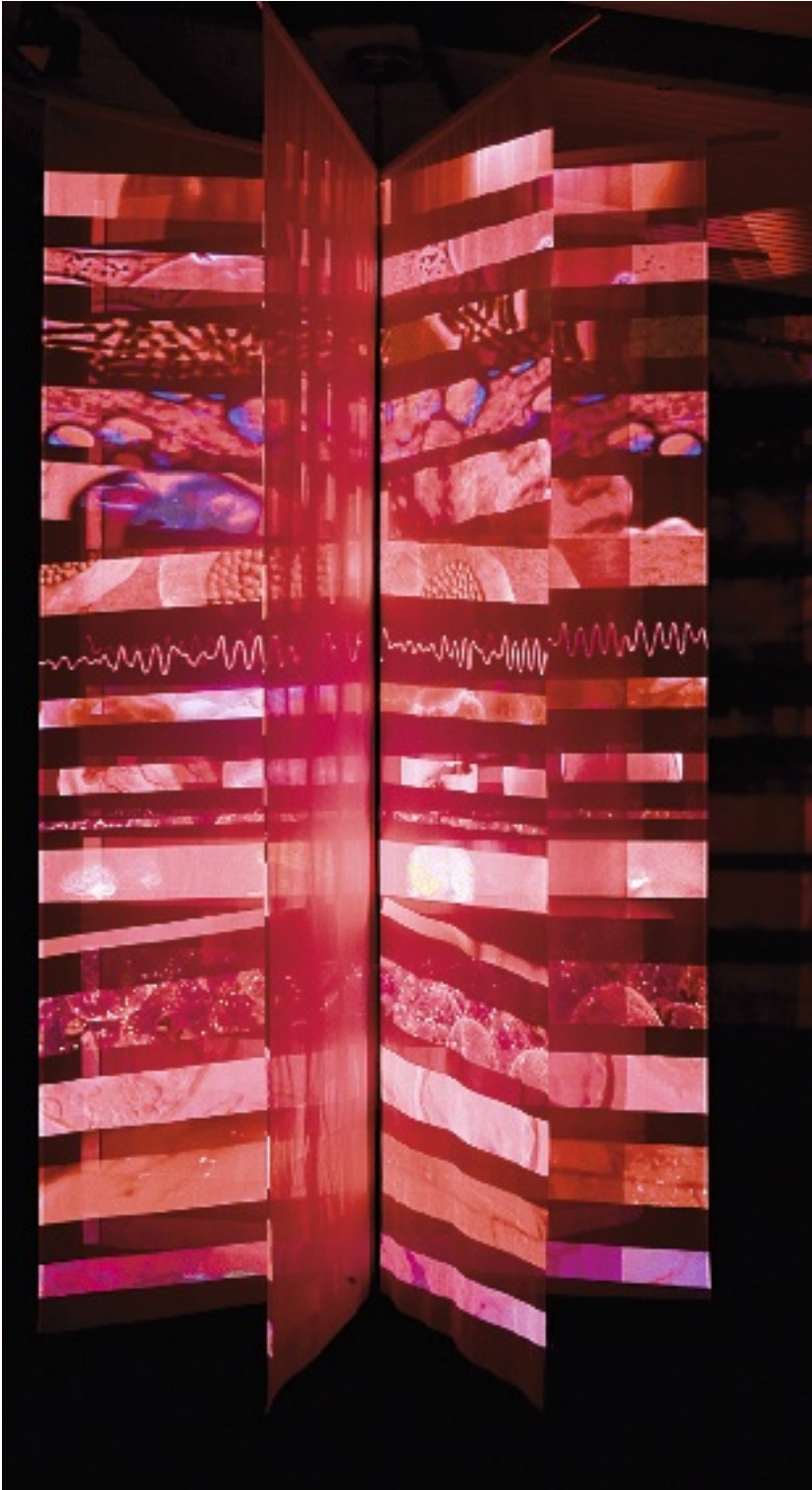
La cultura material compartida del laboratorio farmacéutico y el universitario ayuda a explicar por qué los boticarios con frecuencia pasaron de la producción comercial de sustancias químicas a la observación cuidadosa y al análisis químico y por qué los químicos se movían entre el análisis experimental y la investigación farmacéutica. No es extraño, pues, que muchos químicos del siglo XVIII hubiesen sido aprendices boticarios. En definitiva, observaciones y experimentos realizados en laboratorios farmacéuticos y otros laboratorios artesanales contribuyeron al avance de la química hasta bien entrado el siglo XIX. ☺

#### BIBLIOGRAFÍA

- HOLMES, F. L., 1989. *Eighteenth-Century Chemistry as an Investigative Enterprise*. University of California at Berkeley. Berkeley.  
KLEIN, U. y W. LEFÈVRE, 2007. *Materials in Eighteenth-Century Science: A Historical Ontology*. MIT Press. Cambridge.

Ursula Klein. Profesora del Instituto Max Planck de Historia de la Ciencia, Berlín.





Eugènia Balcells. *Rueda de color*, 2009. Instalación multimedia.

# EL SEGUNDO INFORTUNIO DE LAVOISIER

## ASCENSIÓN Y CAÍDA DEL MITO DE LA REVOLUCIÓN QUÍMICA

Marco Beretta

El nombre de Lavoisier es sin duda uno de los más conocidos de la historia de la ciencia. Todavía hoy en día, y a diferencia de lo que pasó con Galileo, Newton y Darwin, no ha habido un proyecto historiográfico dedicado a estudiar sistemáticamente la obra del químico francés. La mayor parte de sus escritos, de hecho, aún continúan inéditos o cuando menos ignorados en los archivos de la Academia de las Ciencias de París. Este texto tratará de dar las razones que han impedido que Lavoisier goce de una historia normal.

Después de un largo proceso, el 8 de mayo de 1794 fueron guillotinado en la plaza de la Revolución (hoy plaza de la Concordia) 28 miembros de la Ferme Générale, la odiada compañía privada que desde 1726 administraba, por cuenta de la Corona francesa, la imposición y la recaudación de los impuestos indirectos. No fueron muchos los franceses que no vieron en esta ejecución un acto de justicia y, si entre las víctimas no hubiera figurado Lavoisier, los historiadores quizá no habrían dedicado mucho interés a una sentencia que había encontrado un consenso muy amplio incluso entre los moderados. La trágica muerte de Lavoisier, sin embargo, impuso desde el principio una doble revisión: por una parte había que recuperar la imagen de la Ferme Générale y hacer de ella una institución administrativa típica del Antiguo Régimen, depurada de los vicios que se le habían imputado; por otra había que exaltar a Lavoisier hasta convertirlo en un mártir de la ciencia.

Sin entrar a discutir el meollo de la cuestión meramente histórica sobre las causas del proceso y de la muerte de Lavoisier, lo que interesa subrayar aquí son los efectos que este hecho ha ejercido sobre la historiografía de la revolución química. Además de la biografía histórica que debería haber surgido del examen crítico de los documentos, la ejecución de Lavoisier hizo emerger un *alter ego* que alteró los rasgos originales del científico francés hasta transfigurar profundamente su identidad histórica. Tan solo teniendo esto en cuenta se pueden aclarar los motivos que, desde que murió, han alimentado una historiografía más proclive a

dramatizar los hechos que a comprenderlos. Esta escisión con la realidad histórica ha acabado perjudicando la imagen de Lavoisier. La célebre sentencia de Charles Adolphe Wurtz —«la química es una ciencia francesa: fue fundada por Lavoisier, de memoria inmortal» (1869)— ha generado una mitología que, con el tiempo, ha ido deteriorándose hasta la definitiva obra de demolición emprendida por algunas de las tendencias historiográficas más recientes. Los resultados de estos estudios recientes, sin embargo, a menudo se han distinguido por caer en el prejuicio opuesto al decimonónico y han hecho de Lavoisier, más que un científico que hay que estudiar y contextualizar, un mito que hay que destruir.

### ■ EL MITO SALE A ESCENA

Para la comunidad científica parisina, la muerte de Lavoisier fue motivo de gran vergüenza. Muchos de sus colaboradores más estrechos habían estado en primera fila en la defensa de los principios republicanos y en el momento del arresto ocupaban cargos políticos de responsabilidad. Sin embargo fueron escasas y tímidas las tentativas de salvar a Lavoisier de su destino. Quizá fue por un cierto sentimiento de culpa que Antoine-François Fourcroy, uno de sus colaboradores más próximos, y que gracias a un rápido ascenso político entre 1792 y 1794 se convirtió en un miembro influyente de los jacobinos, leyó el 1 de agosto de 1796 en el Lycée des Arts una *Notice sur la vie et les travaux de Lavoisier*, en la que retrataba al químico fran-

**«LOS ESTUDIOS RECIENTES  
A MENUDO SE HAN  
DISTINGUIDO POR CAER  
EN EL PREJUICIO OPUESTO  
AL DECIMONÓNICO Y HAN  
HECHO DE LAVOISIER  
UN MITO QUE HAY QUE  
DESTRUIR»**

cés como un mártir de la ciencia. La lectura de la biografía se acompañó de solemnes pompas fúnebres durante las cuales Lavoisier fue recordado con la inauguración de una pirámide y con un medallón. Era el principio de una literatura hagiográfica que con el tiempo se fue pintando de tonalidades retóricas siempre nuevas.

Es probable que la viuda de Lavoisier, Marie Anne Pierrette, Paulze de nombre de soltera, se sintiera dolida con una celebración póstuma promovida por quienes, a su juicio, habían contribuido con su silencio a legitimar la ejecución del marido. Cuando en 1796 recuperó la posesión del ingente patrimonio de Lavoisier, Marie Anne adquirió una suntuosa residencia en el número 39 de la calle de Anjou-Saint-Honoré, a pocos pasos del pequeño cementerio privado de la Madeleine, propiedad de Olivier Descloseaux. Allí, entre el 26 de agosto del 1792 y el 13 de junio de 1794, fueron inhumados, en una fosa común, los cuerpos de 1.343 víctimas del terror revolucionario. Entre estas, además de los restos de Lavoisier y del padre de Marie Anne, Jacques Paulze, fueron inhumados los cuerpos de Luis XVI, de María Antonieta y de muchos otros ciudadanos, tanto ilustres como anónimos, pertenecientes a todas las clases sociales. Además de la proximidad al cementerio, Madame Lavoisier hizo de su nueva residencia un auténtico santuario particular dedicado a la ciencia en cuya entrada se mostraba con orgullo el magnífico doble retrato pintado en 1788 por David la víspera de la publicación del *Traité élémentaire de chimie* (1789). En el resto de las estancias se conservaban como reliquias instrumentos, manuscritos y las colecciones naturalísticas pertenecientes a Lavoisier.

Ya en 1796 Madame Lavoisier decidió rendir homenaje a su difunto esposo publicando, en colaboración con Armand Séguin, algunos volúmenes de las obras que el propio Lavoisier había empezado a editar poco antes de morir, entre 1793 y 1794. Una discusión con Séguin, que con toda la razón se negó a cederle la propiedad intelectual de algunos experimentos sobre la respiración, atrasó posteriormente la publicación. Solamente en 1805, después de haber hecho religar los fascículos restantes y de haber añadido una breve nota biográfica del marido, Madame Lavoisier empezó a distribuir gratuitamente algunos ejemplares de las *Mémoires de chimie*, una colección de textos de gran importancia científica que, sin embargo, tuvo una difusión tan limitada que la mayor parte no fueron incluidos en la edición de las obras

**«LA RESIDENCIA DE MADAME LAVOISIER SE TRANSFORMÓ EN VARIAS OCASIONES EN UN LABORATORIO DONDE LOS INSTRUMENTOS DEL DIFUNTO MARIDO VOLVIERON A FUNCIONAR EN MANOS DE DIVERSOS CIENTÍFICOS»**

completas. La residencia de Madame Lavoisier se transformó en varias ocasiones en un laboratorio donde los instrumentos del difunto marido volvieron a funcionar en manos de científicos de la talla de Gay Lussac, Cuvier, Biot y Arago. Precisamente a François Arago donó Madame Lavoisier, en 1835, algunos documentos muy importantes, como los catorce protocolos de laboratorio y las notas de viaje que habrían podido servir para redactar una biografía que nunca se llevó a cabo.

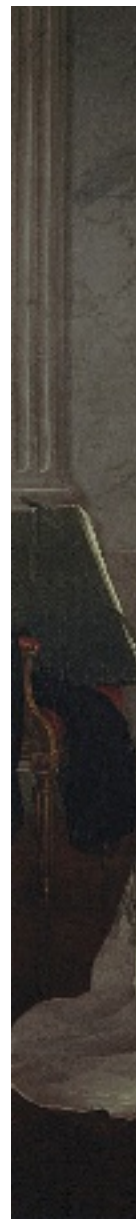
A la muerte, en 1836, de Madame Lavoisier, todos sus bienes pasaron a su sobrina Gabrielle Ramey de Sugny, casada con Léon de Chazelles, personaje destacado de Clermont Ferrand. En 1838 Léon de Chazelles donó una colección de 200 cartas a la Biblioteca Municipal de Clermont Ferrand y los escritos de Lavoisier relativos a la Asamblea provincial del Orleanés de 1787 a la Biblioteca Municipal de Orleans. Este proceso de dispersión afortunadamente se interrumpió cuando Léon de Chazelles decidió ordenar las cartas del científico preparando una edición de sus obras.

En 1837 el químico Jean Baptiste Dumas publicó un libro titulado *Léçons de philosophie chimique* que reunía las lecciones impartidas durante su primer curso en el Collège de France, donde, hablando de Lavoisier, anunciaba solemnemente: «Permítidme añadir que publicaré la edición de las obras de Lavoisier; que proporcionaré a los químicos su evangelio.» Cuando, años después, conoció el proyecto de Dumas, Léon de Chazelles entró en contacto con él para poner a su disposición, a

partir del 1846, una parte considerable de los documentos del archivo y de la correspondencia de Lavoisier. En 1856 los herederos de Arago restituyeron a Dumas los protocolos de laboratorio y los diarios de viaje.

■ LAVOISIER ENTRA EN LA HISTORIA

Los primeros cuatro volúmenes de las *Obras* de Lavoisier aparecieron finalmente en 1862, 1864, 1865 y 1868. En 1860 la familia De Chazelles también donó a Dumas y a la Academia una parte de los instrumentos científicos de Lavoisier, que fueron destinados al Conservatoire des Arts et Métiers. Las fuentes materiales debían servir para comprender el significado de los protocolos de laboratorio, que Dumas esperaba incluir en las obras. Este proyecto tan ambicioso, sin embargo, muy pronto se vio interrumpido: la inminente guerra francoprusiana y, en 1884, la muerte de Dumas, impidieron que se termina-





© The Metropolitan Museum of Art, Nueva York

Jacques-Louis David. *Antoine-Laurent Lavoisier y su esposa*, 1788. Óleo sobre tabla, 194,6 x 259,7 cm. La viuda del científico, Marie Anne, conservó instrumentos, manuscritos y colecciones naturalísticas de Lavoisier, y abrió las puertas de su casa a científicos de la talla de Gay Lussac, Cuvier, Biot y Arago.

**«MADAME LAVOISIER HIZO DE SU RESIDENCIA UN AUTÉNTICO SANTUARIO PARTICULAR DEDICADO A LA CIENCIA EN CUYA ENTRADA SE MOSTRABA CON ORGULLO EL MAGNÍFICO DOBLE RETRATO PINTADO POR DAVID»**

ra la obra. Fue el químico orgánico Edouard Grimaux, autor de una documentadísima biografía de Lavoisier publicada en 1888, quien llevó a cabo la empresa con la publicación, en 1892 y 1893, de los últimos dos volúmenes. En realidad el proyecto habría podido continuar con la publicación, además de los protocolos de laboratorio, de la correspondencia, pero varios obstáculos, culminados con la muerte de Grimaux en 1900, lo impidieron. Para compensar, cuando menos parcialmente, estas carencias, Marcellin Berthelot publicaba en 1890 una biografía científica de Lavoisier con un apéndice documental en el que proporcionaba las transcripciones de muchos extractos de los registros de laboratorio.

La edición de las *Obras* era bastante incompleta, carente de orden cronológico y con la inexplicable exclusión de memorias que Lavoisier había publicado. A pesar de estos defectos tan evidentes, durante otro medio siglo la historia documental de la obra lavoisieriana sufrirá una interrupción casi absoluta.

En 1943, para celebrar el bicentenario del nacimiento de Lavoisier, se organizó en el Palais de la Découverte, en París, una grandiosa muestra donde, por concesión de la familia De Chazelles, se presentó por primera vez un impresionante número de instrumentos, minerales, manuscritos y materiales iconográficos con el fin de documentar la vida del químico francés. En esta copiosa documentación encontró inspiración para su futuro interés por los instrumentos científicos un joven químico e historiador de la ciencia: Maurice Daumas.

En 1948, gracias al interés de la International Union of History of Science y la financiación de la UNESCO, se reanudó el proyecto de publicar la correspondencia de Lavoisier y, finalmente, en 1955, vieron la luz los siete volúmenes de las *Obras* de Lavoisier que contenían las cartas del período 1763-1769. El editor de la obra, el ingeniero químico René Fric, falto de la preparación histórica y filológica adecuada y poco familiarizado con la obra de Lavoisier, hizo un trabajo pésimo: no anotó adecuadamente las cartas, transcribió, incluso en el caso de los borradores, la grafía del XVIII y, aún peor, no publicó la correspondencia entre Lavoisier y Guettard (treinta cartas) ni muchas otras cartas que se conservaban en bibliotecas públicas. Fric, ayudado en la publicación del tercer volumen (1964) por la preciosa colaboración de Maurice Daumas y de Douglas McKie, murió en 1970 dejando incompleta la correspondencia de 1783. Además, la transcripción de los catorce registros de laboratorio que estaba en preparación se perdió, junto a varias cartas originales de Lavoisier, y solamente se pudieron reencontrar en los años noventa.

El caos que dejó Fric, que había retenido en su residencia numerosos documentos originales, y la difi-



© Musée Carnavalet, Paris

Representación en *gouache* del arresto de Lavoisier a manos del comité revolucionario. La ejecución del químico francés durante el periodo revolucionario ha marcado la forma de estudiar su biografía y obra.

cultad de encontrar en Francia un historiador de la química capaz de llevar a cabo el reto de reanudar el trabajo según los parámetros científicos apropiados, atrasó la publicación hasta que Michelle Goupil, alumna de René Taton y biógrafa de Claude Louis Berthollet, pasó a ser responsable de la edición. Finalmente, en 1986 publicó el cuarto volumen de la correspondencia. La obra por fin rendía justicia a la importancia de la empresa y todas las cartas habían sido debidamente anotadas y, en numerosos apéndices documentales, se aclaraban los aspectos más relevantes de las actividades desarrolladas por Lavoisier en el período 1784-1786. La publicación de los últimos volúmenes parecía, pues, en buenas manos, pero poco antes de la publicación del quinto volumen, el 19 de febrero del 1993, la prematura muerte de Michelle Goupil dejaba huérfano el Comité Lavoisier y la inminente conmemoración del bicentenario de la muerte del químico francés. Entre 1993 y 1994, el conde Guy Chabrol, heredero de Lavoisier, donaba a la Académie la última parte de las cartas en posesión de los herederos y llevaba a cabo felizmente un proceso iniciado por Madame Lavoisier en 1835. Gracias a Patrice Bret, que con Goupil había colaborado en la redacción del quinto volumen, se ha asegurado la publicación de los últimos dos volúmenes de la correspondencia (1997 y 2011), al

**«LA OBRA DE LAVOISIER SE CONTINUÓ INTERPRETANDO MÁS A PARTIR DE LAS FUENTES BIEN CONOCIDAS DEL SIGLO XIX QUE INVESTIGANDO LOS DOCUMENTOS SEPULTADOS EN LOS ARCHIVOS»**

mismo tiempo que se ha perfeccionado el enfoque histórico y filológico adoptado en 1986. Un último volumen con las cartas olvidadas por Fric, así como las que hayan sido identificadas mientras tanto, se verá publicado próximamente.

La accidentada trayectoria de los documentos, instrumentos y colecciones naturales (hoy en el Museo Lecoq de Clermont Ferrand) ha hecho difícil la labor de los historiadores, que, salvo pocos casos, han tenido que trabajar basándose en la edición de Dumas-Grimaux.

■ LAVOISIER, ENTRE EL MITO Y LA HISTORIA

El dramático final de Lavoisier, como hemos visto, ha alimentado un mito al que la publicación de las obras tendrá que poner freno o, cuando menos, alentar una curiosidad histórica tendente a mitigar el entusiasmo con el que los químicos franceses del siglo XIX han glorificado a su patriarca.

Se podría haber esperado que los defectos y carencias de las *Obras* hubieran inspirado numerosas investigaciones en los archivos. Ante miles de cartas, manuscritos, ensayos, diarios de viaje y protocolos de laboratorio que en conjunto superan los 4.000 documentos, la indiferencia de los historiadores es bastante sospechosa. Por otro lado, la mitología lavoisieriana era un argumento demasiado suculento como para que pudiera ser sustituido por la laboriosa rutina de la

investigación basada en los documentos originales. Una justificación parcial de este estado de cosas tan deplorable exige admitir que durante casi todo el siglo XX los historiadores ya no tuvieron la suerte de la que gozaron Dumas, Grimaux y Berthelot y no pudieran acceder fácilmente a los archivos de Lavoisier, que permanecían en parte en manos de los herederos hasta comienzo de los años noventa. A partir de la segunda posguerra, algunos fueron subastados, lo que ofreció al coleccionista e historiador de la química Denis I. Duveen la oportunidad de reunir una notable colección hoy conservada en la Kroch Library de la Universidad de Cornell (Ithaca, Nueva York).

Henry Guerlac fue, junto a Andrew N. Meldrum, uno de los pocos, en la segunda mitad de los años treinta, que pudo acceder a esta colección privada y, gracias a la amistad que mantenía con el secretario perpetuo de la Academia de Ciencias de París, tener acceso a los archivos, que aún no estaban abiertos al público. El resultado de este privilegio fue, no por casualidad, la publicación en 1961 de un libro dedicado al químico, *Lavoisier. The*

*Crucial Year*, llamado a trastocar profundamente la imagen del químico francés y a relanzar, aunque durante un período más bien breve, el interés por la revolución química. La identificación del concepto de revolución científica con la astronomía copernicana y la mecánica galileana experimentó con la obra de Guerlac una significativa corrección, hasta el punto de que el año siguiente a la publicación del libro, Thomas Kuhn reconocía a la química un estatuto particular en su clásico *The Structure of Scientific Revolution*. Guerlac había publicado algunos documentos inéditos importantes sobre la combustión mediante los que mostraba claramente que las obras y la correspondencia que habían publicado Dumas y Grimaux no eran más que una parte, a menudo ni tan siquiera la más importante, de la obra de Lavoisier. Curiosamente, salvo los estudios de Carleton Perrin, que había sido discípulo de Guerlac, y de Frederic Holmes, la obra de Lavoisier se continuó interpretando más a partir de las fuentes bien conocidas del siglo XIX que investigando los documentos sepultados en los archivos.

Además el proceso de deconstrucción del mito de Lavoisier emprendido a principios de los noventa fue más el efecto de una posición historiográfica apriorística contra la hagiografía decimonónica que una reflexión madurada a partir del examen de los textos inéditos. En lo que respecta a los documentos, de hecho, el debate entre partidarios y detractores de Lavoisier se acabó un siglo antes. Así pues, Lavoisier ha conocido el segundo infortunio de ser identificado, dos siglos después de morir, con el mito construido por los químicos del siglo XIX y parece aún hoy muy difícil tratar su obra prescindiendo de cuanto escribieron Dumas, Grimaux y Berthelot. Las interpretaciones que tratan de derribar el significado histórico de su obra no hacen en realidad más que construir un antimito ornado de categorías filosóficas que, como el positivismo en el siglo XIX, bien poco tienen que ver con la historia de la revolución química. Por tanto los miles de documentos inéditos y de repertorios naturalísticos y los 500 instrumentos científicos, que en conjunto constituyen una de las colecciones científicas más importantes del siglo XVIII, aún esperan ser estudiados. ☺

#### BIBLIOGRAFÍA

- BERTHELOT, M., 1890. *La révolution chimique, Lavoisier. Ouvrage suivi de notices et extraits des registres inédits de laboratoire de Lavoisier*. Alcan. París.
- BRET, P. (ed.), 1995. «Débats et chantiers actuels autour de Lavoisier et de la révolution chimique (with an updated bibliography 1965-1994)». *Revue d'histoire des sciences*, 48: 3-8.
- GUERLAC, H., 1961. *The Crucial Year. The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*. Cornell UP. Ithaca.
- POIRIER, J. P., 1996. *Lavoisier. Chemist, Biologist, Economist*. University of Pennsylvania Press. Filadelfia.

**Marco Beretta.** Profesor de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Universidad de Bolonia, y subdirector del Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia.



© MÉTODE

# BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT

Catedrática de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de La Sorbona de París

## LA IMAGEN SOCIAL DE LA QUÍMICA: ENTRE EL TEMOR Y LA ESPERANZA

Su incansable esfuerzo por construir puentes intelectuales que nos ayuden a comprender la ciencia en el pasado y en el presente es quizás uno de los rasgos que mejor caracterizan el trabajo de Bernadette Bensaude-Vincent, catedrática de Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de la Sorbona en París, nacida en Béziers (Francia) en 1949, casada y madre de tres hijos. Puentes entre la historia y la filosofía de la ciencia que han permitido integrar el conocimiento del pasado en la reflexión filosófica sobre el estatuto de una ciencia experimental como la química. Puentes también entre el pasado y el presente, que han ayudado a comprender la química actual desde una perspectiva histórica. Puentes, por último, entre la ciencia y sus públicos, cada uno con sus propios saberes, miedos e ignorancias. De todo ello, de química, de historia y filosofía, de expertos y profanos, de ignorancias y de miedos, hablamos con esta autora de decenas de libros y centenares de artículos en los que la química, sus producciones y su imagen social han sido protagonistas destacados.

¿Por qué una persona como usted, con formación filosófica, se dedicó a la historia de una ciencia experimental como la química?

Mis primeros acercamientos a la química datan de la época en la que preparaba la oposición de filosofía. Tenía entonces 21 años. El tema elegido para el concurso de aquel año era «la materia». Desde entonces no he cesado de «filosofar sobre la materia», pero no tanto como concepto general, sino en relación a sus concreciones, esto es, los materiales. Y, trabajando sobre la materia, era difícil no cruzarse con la química.

Y es de suponer que también con los químicos. ¿qué ha aprendido de ellos?

En efecto, he tenido la suerte de poder discutir con muchos químicos y acercarme a su visión de la química. Esto me ha permitido identificar algunas de las

cuestiones de orden filosófico inherentes a esta ciencia. Enseguida me di cuenta de que la química era, en cierto modo, la pariente pobre de la reflexión epistemológica. La inmensa mayoría de los filósofos de la ciencia se habían interesado preferentemente por la física y la biología. Esto me llevó a preguntarme si era posible construir una filosofía para la química que tuviera en cuenta sus especificidades y que fuese capaz de definirse a sí misma sin necesidad de compararse a la física.

¿Piensa, por lo tanto, que la química es esencialmente diferente a la física?

Desde mi punto de vista, no existe una esencia propia de la química. Su identidad se ha construido a través de una larga historia de prácticas diversas y multiformes, su especificidad se ha ido conformando en las numerosas batallas libradas en pro de un reconocimiento académico y social, así como en las constantes controversias entre sus diferentes practicantes. Es precisamente esta idea la que me llevó a interesarme por la historia de la química y a descubrir que existía una auténtica cultura de los químicos, es más, que existían diferentes culturas de la química. Culturas que los filósofos han ignorado durante mucho tiempo.

Una de sus principales líneas de investigación ha sido el estudio de la obra de Antoine-Laurent Lavoisier. Colaboró en numerosos actos y publicaciones relacionadas con la celebración del bicentenario de su muerte. Ahora que han pasado casi dos décadas, ¿podemos valorar la repercusión que tuvo esta conmemoración en la visión sobre este personaje y la revolución química?

Las conmemoraciones son siempre una ocasión para que los historiadores se reactiven y ganen algo de visibilidad. También pueden servir para establecer un balance de los trabajos realizados desde la última conmemoración. Esto es lo que ocurrió con la conmemoración del bicentenario de la muerte de Lavoisier, en

**«NO EXISTE UNA ESENCIA PROPIA DE LA QUÍMICA. SU IDENTIDAD SE HA CONSTRUIDO A TRAVÉS DE UNA LARGA HISTORIA DE PRÁCTICAS DIVERSAS Y MULTIFORMES»**



**«LA CIENCIA PUEDE SER PRESENTADA  
COMO UN ESPECTÁCULO ATRACTIVO  
Y SENSACIONAL, QUE HAGA SOÑAR, REÍR  
Y, EN OCASIONES, INCLUSO... PENSAR»**

1994. Se celebraron decenas y decenas de congresos y conferencias, tanto en Francia como en numerosos países, y aparecieron bastantes publicaciones. Y, aun así, no puede afirmarse que de todo ello surgiera una interpretación consensuada de la revolución química. Al contrario, todos estos actos, en los que se congregaron químicos e historiadores de la ciencia profesionales, no hicieron más que poner de manifiesto el abismo

que separa el culto a un Lavoisier fundador de la química moderna, todavía fuertemente arraigado entre los químicos, y las interpretaciones mucho más matizadas de los historiadores.

¿Quiere decir que la investigación histórica no ha logrado cambiar la imagen de la revolución química instalada en la memoria de la comunidad química?

El desacuerdo no es solo entre científicos e historiadores profesionales. La conmemoración de 1994 puso de manifiesto la diversidad y divergencia de las visiones existentes entre los «*Lavoisier scholars*». Es cierto que ya son pocos los historiadores que defienden actualmente la idea de una experiencia crucial como origen de la revolución química o de una fundación de la química por Lavoisier. Pero el rechazo de una visión positivista e ingenua de este tipo no ha servido para construir una visión coherente del proceso que se desarrolló durante las dos últimas décadas del siglo XVIII ni tampoco del papel preciso que en dicho proceso tuvo Lavoisier.

Su libro *Lavoisier: memorias de una Revolución*, publicado en 1993, fue una invitación a una reflexión crítica sobre la figura del químico francés que contrastó con el tono hagiográfico de no pocos libros y actos conmemorativos del bicentenario. ¿Qué pretendía con su libro y qué es lo que piensa que consiguió?

Este libro no es tanto una biografía intelectual de Lavoisier como una contribución a la historiografía de las revoluciones científicas, hecha desde la perspectiva de un estudio de caso, el de la revolución química. Había varias cuestiones que me interesaba explorar y una de ellas era clarificar la relación entre revolución y fundación. Para ello, comencé por reubicar el acontecimiento considerado como fundador, situándolo en el contexto de la química de la Ilustración y tratando así de evitar el *efecto pantalla* que provocaba la revolución atribuida a Lavoisier. Traté de mostrar que el trabajo de Lavoisier se inscribía en una tradición química que se encontraba en su momento de máximo esplendor, gracias, entre otras cosas, al apoyo de la Real Academia de Ciencias de París. Y que, además, este formaba parte de la carrera iniciada internacionalmente para la identificación de los gases, la llamada ciencia neumática, que fue el escenario en el que tuvo lugar la revolución química. La teoría química que Lavoisier logró implantar no significó el abandono de toda la química anterior. Los elementos-principios imponderables siguieron vivos, así como la química de las sales y de las afinidades, tan importantes antes como después de estas novedades teóricas.



¿Dónde está, entonces, la ruptura, si es que la hubo?

Creo que Lavoisier fue un innovador sobre todo en el plano de las prácticas químicas. La balanza, en particular, fue en las manos de Lavoisier mucho más que un simple instrumento de medida, que, por cierto, ya existía en los laboratorios de química desde mucho antes. La balanza se convirtió en un instrumento alrededor del cual Lavoisier articuló muchos aspectos de su actividad y su carrera científica, pero también financiera, como economista y reformador, etc.

Y en el lenguaje...

Sí, en efecto, la publicación en 1787 del *Método de nomenclatura química* es un punto de ruptura con el pasado. Pero, esta reforma del lenguaje fue en realidad una empresa colectiva llevada a cabo por cuatro químicos, y no significó, como se ha pensado, la culminación de la revolución química, sino que fue precisamente un poderoso vehículo para difundirla, puesto que permitió propagar la nueva química a través de los manuales de enseñanza. En todo caso, como se ha mostrado en los estudios más recientes, la adopción o la adaptación de la nueva nomenclatura no supuso necesariamente la adhesión al conjunto de teorías propuestas por Lavoisier.

¿Cree que su libro ha servido para salvar el abismo entre la historia y la memoria de la revolución química?

Mi intención, en todo caso, fue mostrar al lector la historicidad de las diferentes interpretaciones de la revolución química. Además de recordar los orígenes del concepto de «revolución científica» en el siglo XVIII, en mi libro presento las diferentes interpretaciones de la revolución química, comenzando por la del actor principal, Lavoisier, y la de los testimonios de aquellos acontecimientos, que vivieron, entre otras cosas, la muerte trágica de Lavoisier en el cadalso. Muestro cómo los químicos del siglo XIX (Jean Baptiste Dumas y, más tarde, Charles Adolphe Wurtz, entre otros) fueron los que forjaron la estatua del Lavoisier fundador de la química, en el contexto de las disputas nacionalistas entre los químicos franceses y alemanes de finales del siglo XIX. Todo ello para poder confrontar todas estas narraciones con las interpretaciones que han avanzado los historiadores profesionales contemporáneos. A partir de esta confrontación, lo que pretendo es invitar a una reflexión más general

sobre las relaciones entre la memoria y la historia y el papel que la historia tiene en la vida de las comunidades científicas.

¿Cree usted que un químico actual puede reconocerse al mirar la química del siglo XVIII?

No sé si podría reconocerse, pero sin duda sí podría encontrar en ella muchos elementos de reflexión. Creo que los recientes estudios sobre la química del siglo XVIII ofrecen una imagen de la química que contrasta con el desamor actual hacia esta ciencia y que ayuda a reflexionar sobre sus causas. La química era una ciencia mimada por el público en el siglo XVIII, considerada como un elemento esencial de la cultura de las Luces, valorada como una ciencia útil al bien público, a la prosperidad económica, a la explotación de los recursos mineros, de la higiene, etc. Esto invita a reflexionar sobre las razones que han podido llevar a transformar esta imagen positiva en una imagen diabólica que asocia la química con la muerte, con el veneno, con la contaminación, con la depredación de los recursos naturales.

¿Cuál sería el papel de la divulgación científica en esta toma de conciencia sobre la responsabilidad de la ciencia?

La ciencia puede ser presentada como un espectáculo atractivo y sensacional, que haga soñar, reír y, en ocasiones, incluso... pensar.

**«LA QUÍMICA ERA UNA  
CIENCIA MIMADA POR EL  
PÚBLICO EN EL SIGLO XVIII,  
CONSIDERADA COMO  
UN ELEMENTO ESENCIAL DE  
LA CULTURA DE LAS LUCES,  
VALORADA COMO UNA  
CIENCIA ÚTIL AL BIEN  
PÚBLICO»**

Pensar también sobre las causas que pueden haber conducido a la imagen actual de la química y a la deserción de los estudiantes de las aulas de química...

Es cierto que la química tiene el triste privilegio de ser la ciencia que más miedo produce, al menos en Francia. Pero creo que esto tiene que ver menos con la crisis de identidad que con los problemas de la contaminación, algunos medicamentos mortíferos o con accidentes espectaculares como el de Seveso. Por otra parte, no creo que la deserción de los estudiantes sea específica de la química. Es un fenómeno más general que afecta a otras disciplinas científicas tradicionales. La desconfianza actual hacia las ciencias y las técnicas o hacia los expertos hay que entenderla a la luz de las consecuencias que han tenido catástrofes como la de Chernobyl o escándalos como el de la sangre contaminada o las vacas locas.



¿Cómo puede ayudar la historia a afrontar el «miedo a la química»?

El miedo a la química no procede de la ignorancia o de la credulidad de un público ignorante y lo bastante ingrato como para no querer ver todo lo que debe a la química. El miedo hay que buscarlo en dos aspectos de la historia de esta ciencia, uno cultural y el otro más bien económico. Por una parte está la oposición habitual entre «químico» y «natural», que tiene unas profundas raíces culturales que se remontan a la alquimia medieval. En el contexto de la cultura escolástica, la fabricación de artificios se relaciona, bien con la falsificación, o bien con la magia. El artificio estaba considerado como algo contranatural, subversor del orden de la creación y revelador de la arrogancia del hombre en su pretensión de igualar a Dios. Esta dimensión fraudulenta de la química permanece anclada muy profundamente en la memoria cultural.

Pero, como señala, también resulta muy importante la relación de la química con los nuevos modos de producción industrial.

El desarrollo de las industrias químicas en el contexto de una economía dirigida a la producción masiva de

productos desechables asocia la química con la inmoralidad y con las nociones de vanidad, superficialidad y falta de autenticidad. La química, con sus productos de consumo masivo a base de petróleo, se asocia a la figura del depredador que no tiene en cuenta a la naturaleza. El movimiento de la ecología industrial y de la economía del *cow boy*, que explota los recursos sin preocuparse por lo que deja atrás, tiene en su centro a todas las producciones químicas que fabrican en masa productos efímeros que multiplican los flujos de materiales y las extracciones de fuentes de energía y materiales del planeta.

Y con la producción de desechos ...

En efecto, a fuerza de acumular productos y desechos claramente visibles y omnipresentes, la química se encuentra, de nuevo, responsable de los ataques al medio ambiente y una vez más designada como enemiga de la naturaleza. Es en este contexto histórico y cultural global donde la cuestión debe de ser debatida, más allá de los titulares y de la propaganda. Ha pasado ya el tiempo de las cruzadas, cuando las compañías químicas intentaban lavarse la cara a golpe de campaña publicitaria.

¿Y qué piensan los químicos de este miedo a su disciplina?

Están muy preocupados por esta imagen y quizás por ello mis trabajos han suscitado un gran interés. En un primer momento mi respuesta a sus inquietudes pasaba por señalar ese arraigo cultural e histórico del miedo a la química. Este discurso gustó mucho porque seguramente pensaron que si se trataba de un problema cultural la cosa no iba con ellos. Desde que me di cuenta de que mis argumentos podían servir para eludir responsabilidades he procurado poner siempre por delante el hecho de que son ellos, los químicos académicos e industriales, los que deben preguntarse sobre sus propias prácticas y, en particular, afrontar de manera clara los retos ambientales a los que se enfrenta la química, en lugar de aceptar a regañadientes las imposiciones de la sociedad.

Uno de sus libros habla de las ignorancias de la ciencia y la opinión pública. ¿Cuál es la mayor ignorancia de la ciencia?

Su público, esto es lo que más ignora la ciencia.

ANTONIO GARCÍA BELMAR

Profesor titular del Departamento de Enfermería Comunitaria, Medicina preventiva y Salud Pública e Historia de la Ciencia. Universitat d'Alacant.

JOSÉ RAMÓN BERTOMEU SÁNCHEZ

Profesor titular del Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia López Piñero (Universitat de València-CSIC).



# LA VISUALIZACIÓN DEL CAMBIO QUÍMICO

## LAS TABLAS DE AFINIDADES DEL SIGLO XVIII

Pere Grapí

Cuando en 1718 se publicó la tabla de afinidades de Geoffroy se presentó algo más que una lista de los materiales al alcance de todos los que se dedicaban a la práctica de la química. La continuidad y el desarrollo que la tabla de Geoffroy tuvo a través de las numerosas tablas de afinidades que aparecieron a lo largo del siglo XVIII la convirtieron en el prototipo de credencial visual del cambio químico. Además, su formato facilitó que se adaptase como recurso didáctico para la enseñanza de la química.

### ■ 'SIMELE SIMILI GAUDET': ORDENAR Y CLASIFICAR

Antes del siglo XVIII, los cambios observados en la naturaleza de las sustancias –los cambios químicos– ya habían sido interpretados en términos de cierta afinidad entre los cuerpos. La idea original de que los cuerpos semejantes tenían cierta afinidad entre sí –precisamente por parecerse (*simele simili gaudet*)– llevó a finales del siglo XVIII a la idea convencional de entender la afinidad como una simple tendencia a la unión entre sustancias.

El pensamiento filosófico del siglo XVIII se caracterizó, entre otras cosas, por el intento de hacer encajar todo lo conocido dentro de un todo sistemático y ordenado. La metodología reconocida para llegar a formular leyes generales era la inducción a partir de los hechos observados por los sentidos y, por tanto, la esperanza de que esta inducción fuera posible fue uno de los principales motivos para buscar una ordenación en los hechos registrados.

La química aspiraba a convertirse en una ciencia respetable. La tradición científica del momento era la newtoniana y algunos químicos del siglo XVIII tenían puestas las esperanzas en que sus sucesores harían de la química un reflejo de la física newtoniana. Imaginaban que este proceso no sería el fruto de una especulación teórica sino la consecuencia de la observación de los hechos, la búsqueda de regularidades en estos hechos y la inducción de leyes matemáticas.

«EL PENSAMIENTO  
FILOSÓFICO DEL SIGLO  
XVIII SE CARACTERIZÓ,  
ENTRE OTRAS COSAS,  
POR EL INTENTO DE HACER  
ENCAJAR TODO  
LO CONOCIDO DENTRO  
DE UN TODO SISTEMÁTICO  
Y ORDENADO»

La idea de hacer listas de sustancias siguiendo el orden de su tendencia a combinarse con otras sustancias no era una novedad a principios del siglo XVIII. No obstante, el mérito de concebir lo que fue conocido a partir del siglo XVIII como «tablas de afinidades» se debe a Étienne-François Geoffroy (1672-1731). Este orden de las afinidades establecido por las tablas determinaba el resultado de una descomposición en preferencia a otra y, en definitiva, imprimía a las afinidades un carácter electivo. Fue por este motivo que a las afinidades químicas se las reconoció con el sobrenombre de *afinidades electivas*.

### ■ GEOFFROY: EL MODELO PARA LAS TABLAS POSTERIORES

Geoffroy designó su tabla como una *Table des différents rapports observés entre différentes substances*, utilizando el término de *relations (rapports)* en lugar del de *afinidades* o *atracciones* para evitar cualquier connotación con las

ideas newtonianas sobre la naturaleza de la afinidad química. La tabla de Geoffroy consistía en dieciséis columnas en las que las sustancias estaban indicadas (casi siempre) con símbolos alquímicos. En la cabecera de la columna estaba el símbolo de la sustancia (o grupo de sustancias) a la que estaban referidas todas las sustancias de la columna. Estas sustancias estaban listadas en orden a su afinidad por la sustancia que encabezaba la columna; así, cuanto más arriba estaba una sustancia

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.



El químico y médico francés Étienne-François Geoffroy fue el precursor de las tablas de afinidades. Los químicos franceses adoptaron la tabla de Geoffroy como un estándar.

mayor era su afinidad por la sustancia que daba nombre a la columna, sin poder ser desplazada por ninguna otra de las sustancias colocadas por debajo, a las que sí que podía desplazar al combinarse.

Las reacciones de desplazamiento relacionadas con las ocho primeras columnas pertenecen a operaciones químicas que implican la disolución de sustancias en soluciones ácidas, conocidas genéricamente como reacciones por vía húmeda. Las operaciones químicas que suponen combinaciones y recombinaciones de sustancias a temperaturas elevadas –por ejemplo, a la temperatura de fusión– conocidas genéricamente como reacciones por vía seca, están asociadas a las reacciones de desplazamiento visualizadas desde la novena a la decimoquinta columnas. La última columna representa soluciones acuosas, es decir, por la vía húmeda. La tabla de Geoffroy distingue implícitamente estos dos

© Collection Académie Nationale de Médecine, Paris

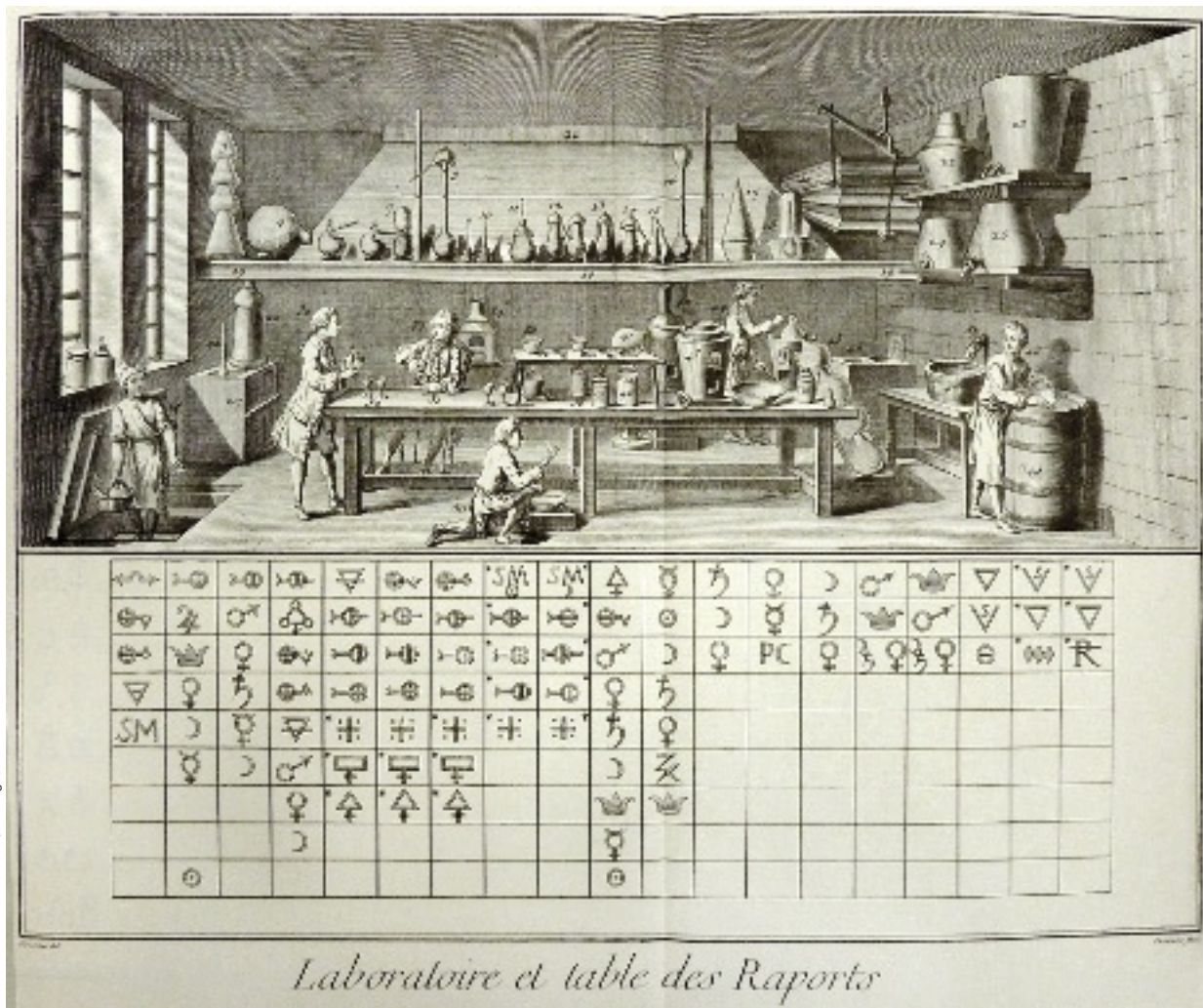
Tabla de *rappports* de Geoffroy (1718). Como se puede observar, la tabla consistía en dieciséis columnas donde se indicaban las sustancias con símbolos alquímicos. La cabecera de la columna contenía el símbolo de la sustancia a la que se referían todas las sustancias de la columna, listadas en orden de afinidad respecto a la primera.

tipos de operaciones y eso le permite mostrarnos los dos principales dominios de la teoría y práctica químicas del momento: la formación de sales a partir de soluciones ácidas, y las separaciones metalúrgicas y las combinaciones de metales en las aleaciones.

La tabla de Geoffroy fue entendida como una tabla estándar por los químicos franceses. Como prueba de eso solo hay que tener en cuenta que en el *Recueil de Planches* del volumen octavo de la *Encyclopédie* (1763) aparece una *Table des rapports* (en la página siguiente), basada en la tabla de Geoffroy, con diecinueve columnas y veinticuatro adiciones (correspondientes a la entrada de seis nuevas sustancias) señaladas por un asterisco. La yuxtaposición de la tabla con el grabado de un laboratorio en plena actividad se puede interpretar como una estrategia visual para persuadir de que la organización del conocimiento químico estaba fundamentada en el trabajo práctico de laboratorio y que, también, la consecución de un conocimiento científico sistemático dependía de la cooperación activa entre los practicantes de la química al combinar la teoría con la experiencia.

Después de la publicación de la tabla de Geoffroy en 1718 se tiene conocimiento de la existencia de catorce tablas más hasta la aparición en 1775 de las tablas de Torbern-Olof Bergman (1735-1784), pero las diferentes tablas de afinidades publicadas entre la de Geoffroy y la de Bergman tienen una importancia menor. Las tablas de Bergman –una por la vía

«LA IDEA DE HACER LISTAS DE SUSTANCIAS SIGUIENDO EL ORDEN DE SU TENDENCIA A COMBINARSE CON OTRAS SUSTANCIAS NO ERA UNA NOVEDAD. PERO EL MÉRITO DE CONCEBIR LO QUE FUE CONOCIDO COMO “TABLAS DE AFINIDADES” SE DEBE A GEOFFROY»



© Biblioteca de Humanidades Joan Reglà, Universitat de València

Laboratorio y tabla de *rapports* basada en la tabla de Geoffroy, lámina aparecida en la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert. El hecho de que la tabla apareciera con el grabado de un laboratorio se puede interpretar como un intento de mostrar que el conocimiento químico estaba fundamentado en el trabajo práctico de laboratorio y que conseguir un conocimiento científico sistemático dependía de la cooperación activa entre los practicantes de la química al combinar la teoría con la experiencia.

húmeda y la otra por la vía seca—, formadas por cincuenta y nueve columnas, superaron todo lo que se había hecho hasta entonces y se convirtieron en el modelo. Es evidente que un trabajo tan laborioso no habría sido posible sin el vasto conocimiento que Bergman tenía de las reacciones químicas adquirido en su trabajo analítico y que lo colocó en una posición excelente para estudiar la afinidad química. A partir de Bergman el proyecto de hacer una tabla del todo completa y que agrupase todas las reacciones químicas pasó a ser cada vez más difícil de alcanzar.

El particular recorrido que tuvo en Francia el texto de Bergman *Disquisitio de attractionibus electivis* —donde se presentaban sus tablas— refuerza aún más la idea de que la tabla de Geoffroy gozó de una notable aceptación

entre los químicos franceses durante casi setenta años. La *Disquisitio* de Bergman fue publicada en 1775 en la *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, un extracto en francés (de traducción anónima) apareció en 1778 en las *Observations sur la Phisique*. La edición, aumentada y revisada, del texto en latín de 1775 fue publicada por el propio Bergman en 1783 en el volumen tercero de sus *Opuscula Physica et Chemica*. Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) tradujo al francés solo los dos primeros volúmenes de los *Opuscula* en los *Opuscules Chymiques et Physiques* (1780-1785) y no fue hasta 1788 cuando apareció la traducción francesa de la versión de 1783 en el texto *Traité des Affinités Chymiques ou Attractions Electives*, siendo François-Joseph Bonjour el traductor. No obstante, la versión original en

latín de 1783 fue traducida por primera vez, al inglés, por Thomas Beddoes en 1785 (*A Dissertation on Elective Attractions*) y, probablemente, Bonjour redactó la versión francesa de 1788 a partir de la traducción de Beddoes.

## ■ EL TRASFONDO TEÓRICO

El sistema de las afinidades químicas a finales del siglo XVIII fue el resultado de la fascinación que las ideas de Newton sobre la combinación química habían producido en los hombres de ciencia, al haber sugerido que el cambio químico se debía a la acción de una fuerza atractiva análoga a la atracción astronómica. Sin embargo, fue Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), quien primero generalizó las leyes de la atracción newtoniana al resto de los fenómenos naturales y, en particular, a las reacciones químicas.

La generalización de las leyes de la gravitación a las reacciones, para que las afinidades químicas pudiesen ser presentadas como simples modificaciones de la ley general, significaba salvar dos obstáculos importantes. Primero, la explicación mediante una misma fuerza de atracción de la diversidad de efectos que mostraban los fenómenos químicos. Segundo, la aplicación de una ley que dependía tanto de la masa de los cuerpos como de la distancia entre ellos a fenómenos que representaban un contacto o una distancia casi nula entre partículas. Buffon superó ambos obstáculos haciendo intervenir la forma de las partículas de las sustancias reaccionantes.

Esta forma, que en el caso de los cuerpos celestes no parecía alterar sensiblemente su atracción recíproca, pasaba a ser un factor importante a distancias extremadamente pequeñas al entrar como un elemento en la distancia. De esta manera, la ley de la razón inversa al cuadrado de la distancia en el caso de las reacciones químicas solo parecía variar por efecto de la forma de las partes constituyentes de cada sustancia. Si solo la variedad de las formas de las partículas constituyentes podía ser la causa de la modificación de la atracción de corto alcance, entonces la afinidad química de una sustancia respecto de otra debía ser constante.

Este es el llamado «axioma de constancia», simplemente. Las afinidades químicas entre cada par de sustancias debían ser constantes independientemente de las circunstancias en las que la reacción tenía lugar. Cuando Bergman, al principio de su *Traité*, se planteó la pregunta de si el orden de las afinidades era constante,

**«LEER LA TABLA  
SUPONÍA VISUALIZAR  
UNA REGULARIDAD, UNA  
MANERA DE ORDENAR LAS  
SUSTANCIAS PARA MOSTRAR  
DE MANERA CONSISTENTE  
LA CONSTANCIA DE SUS  
AFINIDADES»**

Después de la publicación de la tabla de Geoffroy en 1718 se tiene conocimiento de la existencia de catorce tablas más, pero de una importancia menor, hasta la aparición en 1775 de las tablas de Torbern-Olof Bergman. En la imagen, primeras 34 columnas de su tabla.

dejó en suspenso el sentido afirmativo de su respuesta a la espera, por parte del lector, del estudio del resto de su texto. Sin embargo, en relación a las dificultades que ya se habían presentado en contra de este orden fue más taxativo y aseguró que aún no había encontrado ningún caso que, una vez examinado en detalle, no pudiese ser reconducido al orden constante de las afinidades. Este axioma de constancia, eje vertebrador de la teoría de

las afinidades durante el siglo XVIII y parte del XIX, fue un reflejo de una particular visión del mundo según la cual la naturaleza actuaba siempre de manera uniforme y cuando parecía que no era así, era porque o bien las



opiniones habían sustituido a las verdaderas leyes de la naturaleza o bien solo se habían tenido en cuenta una parte de las causas a considerar. La naturaleza, pues, era portadora de verdades que solo la experiencia –el oráculo de la naturaleza– podía desentrañar.

#### ■ LAS TABLAS DE AFINIDADES COMO CREDENCIAL VISUAL DEL CAMBIO QUÍMICO

Acreditar el axioma de constancia de las afinidades no fue la única función de las tablas en el siglo XVIII. Las tablas cumplieron otras funciones que han suscitado el interés de los historiadores de la ciencia. Alistair Duncan sugirió cuáles habrían sido las funciones que los químicos del siglo XVIII otorgaron a las tablas de afinidades. Primero, debían ser predictivas. Se esperaba que fuesen útiles para prever las reacciones sin necesidad de realizarlas en la práctica. Segundo, las tablas –alimentadas por un número cada vez más grande de resultados experimentales– deberían poder revelar leyes generales, con lo cual aumentaría el crédito científico de la química. Y, tercero, las tablas de afinidades tendrían una función simplemente informativa proporcionando una lista de las sustancias conocidas, el material de trabajo básico de los químicos.

Sin perder de vista las diferentes aproximaciones a la funcionalidad de las tablas, hay que considerar también las tablas de afinidades como inscripciones que pasaron a ser la credencial de una determinada visión del cambio químico. El valor de credencial visual para las tablas de afinidades se puede concretar en los siguientes aspectos. Primero, las tablas proporcionaban, resumida y en un solo lugar, la información verbalizada en el texto. Segundo, las tablas gozaban de cierta autonomía respecto del texto, se podían utilizar en el discurso sobre el cambio químico para persuadir al lector o a la audiencia de ver lo que estaba escrito o se decía. Y, finalmente, las tablas no se podían leer como un texto. Cada símbolo se tenía que leer como una unidad de información que estaba relacionada con otras unidades o símbolos de una misma columna. Así pues, leer la tabla suponía visualizar una regularidad, una manera de ordenar las sustancias para mostrar de manera consistente la constancia de sus afinidades. Este valor de las tablas como credenciales visuales se puede constatar mediante dos opiniones significativas.

**«LA TABLA DE GEOFFROY NOS MUESTRA LOS PRINCIPALES DOMINIOS DE LA TEORÍA Y PRÁCTICA QUÍMICA DEL MOMENTO: LA FORMACIÓN DE SALES A PARTIR DE SOLUCIONES ÁCIDAS Y LAS SEPARACIONES METALÚRGICAS Y LAS COMBINACIONES DE METALES EN LAS ALEACIONES»**

La primera es la presentación hecha por Bergman de la misma tabla de Geoffroy en su *Traité*: «En 1718, Geoffroy imaginó hacer ver a primera vista la serie de atracciones electivas disponiendo los símbolos químicos en una tabla, siguiendo un orden determinado.»

La segunda opinión es la del químico Claude-Louis Berthollet (1748-1822), que se convertiría más adelante en el gran adversario de las afinidades electivas y, por tanto, de las tablas de afinidades. En 1974 Berthollet dijo en los cursos de química en la *École Normale*: «Una tabla de afinidades expone ante los ojos la comparación de las fuerzas que han producido los fenómenos y que están a disposición del químico.»

Esta intervención de Berthollet lleva a considerar también el valor didáctico que tuvieron las tablas de afinidades. Él mismo explicó a sus alumnos que la mejor manera de explicar las afinidades electivas era utilizar las tablas de afinidades y los diagramas figurativos como recurso didáctico, apostando por la confección de un mural a modo de tabla de afinidades durante el desarrollo del curso.

En Gran Bretaña, la tabla de Geoffroy no despertó demasiado interés hasta la década del 1760, cuando el químico escocés William Cullen (1710-1790) la adoptó como recurso didáctico para sus clases de química. Cullen, como profesor de esta disciplina, primero en la Universidad de Glasgow y después en la de Edimburgo, hizo imprimir sus propias tablas de afinidades para el uso de sus estudiantes. De esta manera las tablas de afinidades

como recurso didáctico contribuyeron a hacer que las afinidades químicas electivas se convirtiesen en una parte significativa de la química británica. ☺

#### BIBLIOGRAFÍA

- DUNCAN, A. M., 1996. *Laws and Order in Eighteenth-century Chemistry*. Clarendon Press. Oxford.
- GOUPLIL, M., 1991. *Du Flou au Clair? Histoire de l’Affinité Chimique*. CTHS. París.
- GYUNG KIM, M., 2003. *Affinity, That Elusive Dream. A Genealogy of the Chemical Revolution*. The MIT Press. Cambridge y Londres.
- KLEIN, U. y W. LEFÈVRE., 2007. *Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology*. The MIT Press. Cambridge y Londres.
- LEVERE, T., 1971. *Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800-1865*. Clarendon Press. Oxford.
- STENGERS, I., 1991. «La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la química del siglo XVIII». In SERRES, M. (ed.). *Historia de las ciencias*. Cátedra. Madrid.

**Pere Grapí**. Profesor asociado del Centro de Historia de la Ciencia, Universitat Autònoma de Barcelona.





# SECRETOS, RECETAS Y RESISTENCIAS

## EL ARTE DE LA TINTURA Y LA REVOLUCIÓN QUÍMICA

Agustí Nieto-Galan

Contrariamente a lo que podríamos pensar, en la época de la revolución de Lavoisier la industria química se basó más en la sabiduría de las tradiciones artesanales que en la aplicación efectiva de los conocimientos académicos en los talleres y las manufacturas. Este artículo revisa el caso del arte de la tintura con materias de origen natural, y analiza su particular lógica de control de calidad y de racionalización de métodos y procedimientos, que no encajan del todo con nuestras categorías actuales de ciencia y tecnología, de química e industria.

### ■ ENTRE LA ACADEMIA Y EL TALLER

A finales del siglo XVIII, en los años dorados de la supuesta revolución química y del impacto de la obra de Antoine-Laurent Lavoisier, las tradiciones artesanas, a menudo organizadas bajo una estructura gremial, gozaban de un gran prestigio. Eran, además, las depositarias de una parte muy importante del saber sobre las propiedades y posibles transformaciones de la materia. Las recetas para la metalurgia, la tintura, el blanqueo, la fabricación de jabón, los álcalis, los ácidos, la cerámica, el vidrio, etc., eran tesoros muy bien guardados, no siempre compatibles con las discusiones académicas procedentes de las universidades o de las sociedades científicas de la época.

Si consultamos, por ejemplo, la famosa *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert, encontraremos explicaciones exhaustivas sobre el estatus de la química como ciencia, sobre las diversas filosofías naturales que la sustentaron a lo largo del siglo XVIII (afinidades, flogisto, neumática, etc.), pero su conexión con las magníficas láminas que describían cada una de las artes o manufacturas no es en absoluto evidente. Como en otros momentos de la historia, categorías de nuestro presente como *teoría, práctica, investigación, ciencia aplicada, tecnología*, etc., no funcionan bien, simplemente porque la percepción de los protagonistas del pasado no coincide con la nuestra. Solo

**«SOLO UNA RIGUROSA  
RECONSTRUCCIÓN  
HISTÓRICA DE ALGUNAS  
ARTES DE LA ÉPOCA  
NOS PUEDE AYUDAR A  
COMPRENDER CUÁL ERA  
LA LÓGICA DE LA QUÍMICA  
INDUSTRIAL A FINALES DEL  
SIGLO XVIII»**

una rigurosa reconstrucción histórica de algunas artes de la época nos puede ayudar a comprender cuál era la lógica de la química industrial a finales de siglo XVIII.

### ■ LAS TINTURAS DE ORIGEN NATURAL

Desde el Renacimiento hasta ahora, con la conquista del Nuevo Mundo, el mercado de las tinturas aumentó notablemente en relación a los colores que habían sido accesibles para Europa en la Antigüedad y la Edad Media. Los nuevos continentes se convirtieron en una importante fuente de nuevos colorantes naturales como el índigo, la cochinilla o los *palos americanos* (Brasil, Campeche, Amarillo), que completarán tinturas occidentales como la rubia o granza, el pastel, la gualda, el rojo de Adrianópolis o el azul de Prusia. En el proceso de coloración de las telas (lana, seda, lino y algodón) se requería además un gran número de sustancias químicas auxiliares, complementos fundamentales para la correcta fijación, estabilidad y resistencia de las materias tintóreas, de manera que los pequeños talleres, las manufacturas reales y las fábricas de estampados de algodón (las indianas) se convirtieron en auténticas despensas de sustancias que había que organizar, además de racionalizar su uso.

Este era un mundo de tradiciones artesanales poderosas, que estaban firmemente arraigadas en la cultura

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.



© biblioteca de Humanidades, Joan Regla, Universitat de València

Arriba y a la derecha, taller de tintura de la Manufactura Real de los Gobelinos, en dos grabados de 1772 aparecidos en la *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* de Diderot y D'Alembert. Este era un mundo de tradiciones artesanas, donde la práctica estaba muy lejos de la química moderna.

gremial, donde el conocimiento tácito no siempre explicitado y la transmisión oral de procedimientos y recetas habían sido fundamentales. Lejos de la química analítica moderna, las muestras teñidas eran tratadas con ácidos y álcalis, disueltas en líquidos diversos y puestas en digestión durante tiempos previamente determinados, expuestas a la luz solar o a las condiciones meteorológicas más adversas para evaluar, a menudo de manera cualitativa, la resistencia (o solidez) de la tintura. Los procedimientos de tintura y de estampación eran complejos y llenos de pequeños detalles que solo los maestros tintoreros podían gobernar en la práctica cotidiana. La temperatura y concentración de los baños, el tiempo de agitación, los lavados y secados, etc., constituían toda una declaración de conocimiento tácito difícil de replicar lejos de unas determinadas condiciones locales.



**«LOS VERDADEROS EXPERTOS EN EL ARTE DE TINTURA NO ERAN LOS QUÍMICOS ACADÉMICOS. DE HECHO, LA PROFESIÓN COMO TAL NO EXISTÍA Y MUCHOS PRACTICANTES DE LA QUÍMICA PROVENÍAN DE LA MEDICINA, DE LA BOTICA O DE LAS TRADICIONES ARTESANAS»**



© Biblioteca de Humanidades Joan Reglà, Universitat de València

Además, se constituyó progresivamente una red europea de la tintura, una especie de peculiar República de Letras, donde circulaban expertos de todo tipo: tintoreros, grabadores, dibujantes, impresores, pero también multitud de muestras teñidas, manuscritos con recetas o textos impresos. Era una república donde nuestras categorías tradicionales de teoría y práctica, de ciencia pura y ciencia aplicada, no tenían cabida, donde la calidad de las telas teñidas o estampadas se medía por otros criterios, resultado del consenso, no siempre sencillo, entre todos los expertos del arte de la tintura. El secretismo gremial

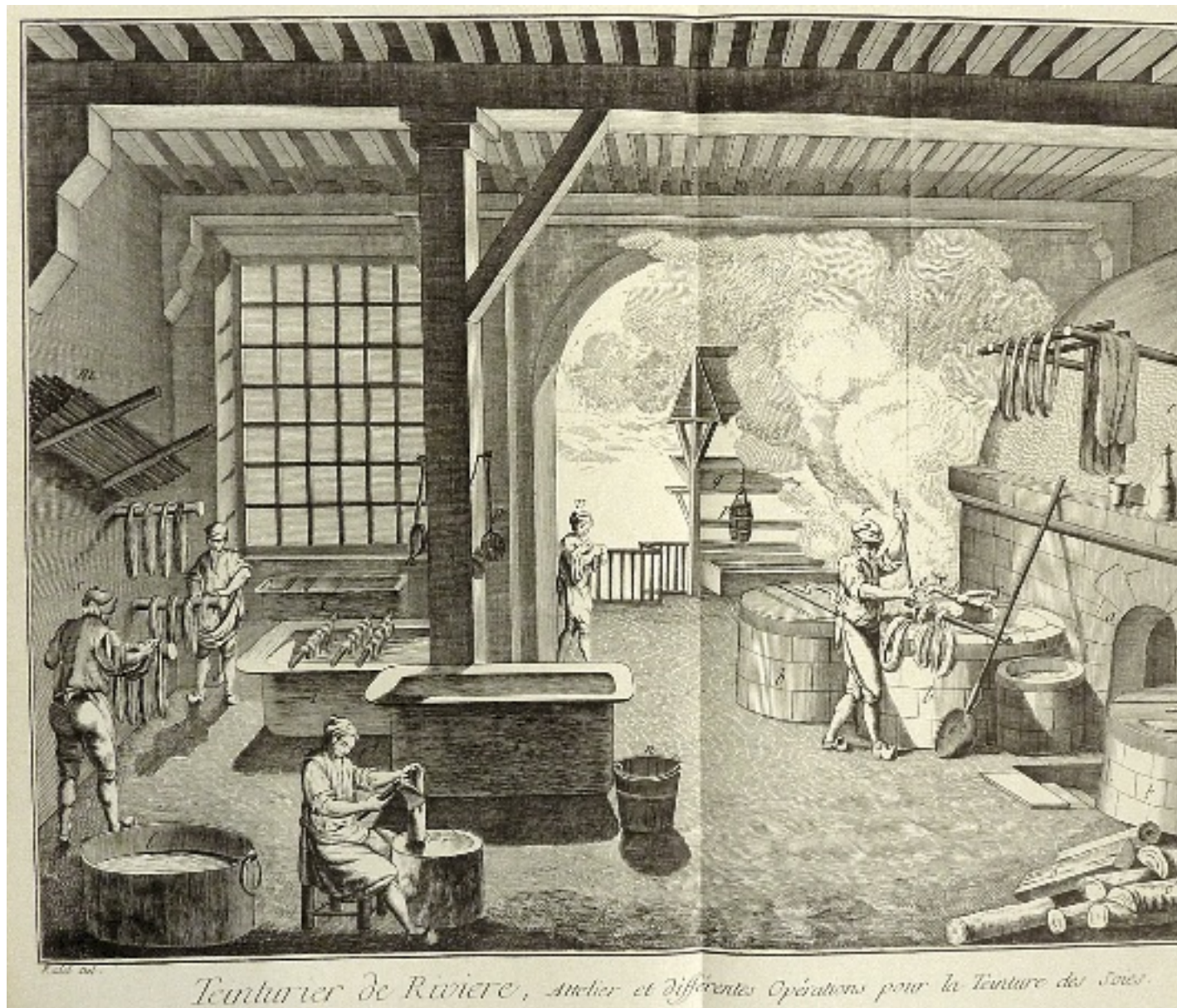
se convertía poco a poco en una selecta red de personas con intereses comunes que compartían recetas, máquinas, consejos prácticos y estrategias comerciales. Este intercambio fluido de opiniones y de matices sobre cada una de las operaciones contribuyó decisivamente a la racionalización del arte de la tintura a lo largo del siglo XVIII.

#### ■ ¿QUIÉNES ERAN LOS EXPERTOS DE LA TINTURA?

Durante buena parte del siglo XVIII, los verdaderos expertos en el arte de tintura no fueron los químicos académicos –de hecho la profesión como tal no existía y muchos practicantes de la química provenían del mundo de la medicina, la botica, o de las propias tradiciones artesanas–. No sin controversia, los conocidos como inspectores generales de tinturas cobraron un importante protagonismo, especialmente en Francia. Nombres como Charles-François du Fay (1698-1739) o Jean Hellot (1685-1766), desde su posición privilegiada en la Académie des Sciences de París, supervisaban muestras de tejidos teñidos enviadas por numerosos tintoreros franceses y revisaban las pruebas de calidad o *débouillis*, que eran el resultado de someter la muestra teñida a diferentes productos químicos a menudo en caliente y en disolución. No obstante, en la voz *teinture* de la *Encyclopédie* se consideraba que los *débouillis* eran insuficientes para asegurar el buen tinte.

Estos problemas animaron precisamente a los inspectores generales a introducir progresivamente discusiones más académicas sobre el arte de la tintura. Hellot abogó, por ejemplo, por una explicación mecánica, en la que las partículas de color se introducen en los orificios o poros de la fibra, pero sin descartar la utilización de sus *débouillis* en el control de calidad rutinario de las muestras teñidas. A pesar del peso creciente de la nueva química y de la supuesta revolución que esta representaba, las explicaciones mecánicas no fueron totalmente desplazadas por explicaciones químicas. Otros inspectores generales de tintura, como Pierre-Joseph Macquer (1718-1784), adoptaron unos años más tarde una posición ecléctica, considerando que en la unión entre el colorante y la fibra había causas mecánicas y causas químicas. Discusiones estas más o menos esotéricas que parecían interesar poco a los tintoreros en los talleres y manufacturas.

En el libro *Eléments de l'art de la teinture* (1791), Claude-Louis Berthollet (1748-1822), estrecho colaborador de Lavoisier, presentó la afinidad química entre la fibra, el tinte y el disolvente del baño tintóreo como la explicación fundamental de los diferentes grados de fijación de colorantes en fibras. Los maestros tintoreros criticaban a menudo la injerencia progresiva en su mundo de los inspectores reales, pero también de miem-



En el gremio de tintoreros no gustaban los cambios que se querían introducir desde el mundo académico, como la nueva nomenclatura o las nuevas teorías sobre la afinidad. En la imagen, tintura de la seda en la Manufactura Real de los Gobelinos, también de la *Encyclopédie*.

bro de distinguidas sociedades científicas o de profesores universitarios, personajes procedentes de la cultura académica, y que, en la percepción de los artesanos, no aportaban nada nuevo a la mejora del arte de la tintura. Se publicaron muchos libros, escritos en un lenguaje sencillo, que pretendían llegar a las esferas más bajas del mundo artesanal, pero su capacidad de incidencia fue más bien pobre. En 1748, Hellot estaba convencido de que la descripción académica de los procesos de tintura era incomprensible para los artesanos.

Conocemos algún caso especialmente significativo de resistencia artesanal, como el de Homassel, jefe del

taller de tintura de la Manufactura Real de los Gobelinos en París entre 1778 y 1787. En el prólogo de su *Cours théorique et pratique sur l'art de la teinture* (1798), Homassel expresaba sus discrepancias con la química académica surgida del círculo de Lavoisier desde la perspectiva de la cultura artesana de los tintoreros. En su opinión la intención de los académicos de París de visitar su manufactura con el fin de controlar y estandarizar sus procedimientos de tintura era un gran error, y solo respondía a intereses de promoción académica. En particular dirigía sus críticas a Berthollet, que en aquella época era el inspector general de tinturas, y en



© Biblioteca de Humanidades Joan Reglà, Universitat de València

sus *Elementos* defendía la utilidad de la nueva química académica para la mejora del arte de la tintura. Acostumbrado a su propia lógica de producción, Homassel no podía ver las supuestas ventajas que debía reportar, según los académicos, un cambio de nombre de las tinturas, resultado de la nueva nomenclatura química de Lavoisier, Berthollet y su círculo, o la aplicación de las nuevas explicaciones teóricas sobre la afinidad a la hora de resolver en la práctica problemas de fijación entre el colorante y la fibra textil.

#### ■ JOAN PAU CANALS Y LUIS FERNÁNDEZ: EXPERTOS TINTOREROS

En la España borbónica del siglo XVIII se imitó el modelo de manufacturas reales y de inspectores generales de tinturas. Este fue, por ejemplo, el caso del catalán Joan Pau Canals i Martí (1730-1786), nombrado director general de Tintas del Reino en 1764.

Canals publicó una larga lista de informes sobre tinturas españolas y americanas y sobre otros productos químicos que se utilizaron ampliamente en la década de 1770: púrpura, urchilla, azul de Prusia, verde de Montpellier (acetato de cobre), grana-quermes, sales de plomo, el alumbre, caparrosa (sulfato de cobre), pastel, gualda, además de un estudio detallado de productos americanos útiles a la tintura. El objetivo estaba perfectamente definido en la memoria número XII de Canals, titulada *Sobre qué ingredientes de los nuestros pueden sustituir por los extranjeros en los tintes*.

Quería promover efectivamente tinturas locales que fuesen asequibles en España para evitar la dependencia colonial de las materias primas. Tradujo obras del agrónomo francés Henry Louis Duhamel du Monceau (1700-1782) y defendió las explicaciones mecánicas de Jean Hellot. En su investigación de un sustituto de la cochinilla –la principal fuente de los rojos de las colonias americanas españolas– y también en un intento por reducir la tradicional dependencia respecto a los holandeses, Canals promocionó el cultivo de la rubia o granza en varios parajes castellanos próximos a Valladolid. Se le concedió el título de barón de La Vallroja en reconocimiento a los años que dedicó al cultivo de tintes precisamente de color rojo. Canals era otro de estos expertos de tintura, que no coincidía exactamente con las percepciones y valores artesanales de los maestros de taller, pero

tampoco con la química académica que iba emergiendo cada vez con más fuerza en las décadas finales del siglo.

Las palabras del propio Canals, escritas en 1763, reflejan muy bien las características genuinas del arte de la tintura en la segunda mitad del siglo XVIII:

Me excitó la idea de investigar los secretos de operaciones, tintes y colores, no solo porque costaron muy caros a mi padre, sino también por el grande misterio que hacían los fabricantes que a sus expensas atrajo de países extranjeros para enseñar a los naturales. Y como miraba con dolor que la multitud de ingredientes que entran en la composición de los colores, tintes y operaciones de la citada indianas, y de otras manufacturas, las más venían de países extraños, y señaladamente de Holanda la granza o rubia: no dejé estudio ni diligencia para averiguar cómo podía conseguirse algún día el cultivo y preparación de estas producciones de la naturaleza, y el arte en España; como se ha conseguido efectivamente, y lo he practicado en cumplimiento de obligación de mis empleos según se manifiesta en esta colección.

«LOS MAESTROS  
TINTOREROS CRITICABAN  
A MENUDO LA PROGRESIVA  
INJERENCIA EN SU MUNDO  
DE LOS INSPECTORES  
REALES, PERO TAMBIÉN DE  
MIEMBROS DE DISTINGUIDAS  
SOCIEDADES CIENTÍFICAS  
O DE PROFESORES  
UNIVERSITARIOS»

En Valencia surgieron también otros expertos del arte de la tintura. Conocemos, por ejemplo, el caso de Luis Fernández. Aprendió el arte en Toledo, con una prestigiosa familia de tintoreros, los Sedeño. Fue también un destacado miembro de la Junta General de Comercio y Moneda, institución adscrita a la promoción de las artes y manufacturas en el contexto de las reformas borbónicas. Fernández fue, además, director de tintura de una manufactura real de seda en Valencia. Después de recibir un encargo de la Junta para la confección de

unas *Ordenanzas generales, gubernativas e instructivas del arte de tintoreros*, en 1778 publicó un *Tratado instructivo y práctico sobre el arte de la tintura*, que defendía la necesidad de optimizar la división del trabajo en las manufacturas. En una magnífica colección de grabados a imitación de los de la *Encyclopédie*, Fernández describía con todo lujo de detalles el proceso de coloración de las fibras de seda, resultado de concentrar en un solo espacio las actividades de varios gremios que hasta entonces tenían sus talleres por separado.

Canals, Fernández y otros expertos lucharon por conseguir suficiente autoridad en el arte de la tintura, sin renunciar, sin embargo, a un conjunto de conocimientos tácitos y de habilidades diversas que iban desde el conocimiento botánico de las plantas tintóreas a los detalles de las operaciones químicas y mecánicas realizadas en los baños. Sin viajes frecuentes, visitas y estancias en



Cuaderno de muestras del colorista inglés John Mercer (1791-1866) en el que se describen varios procedimientos químicos y mecánicos para la impresión en continuo de telas de algodón o indianas a principios del siglo XIX.

manufacturas y talleres, su formación habría sido imposible, y seguramente poco eficaz.

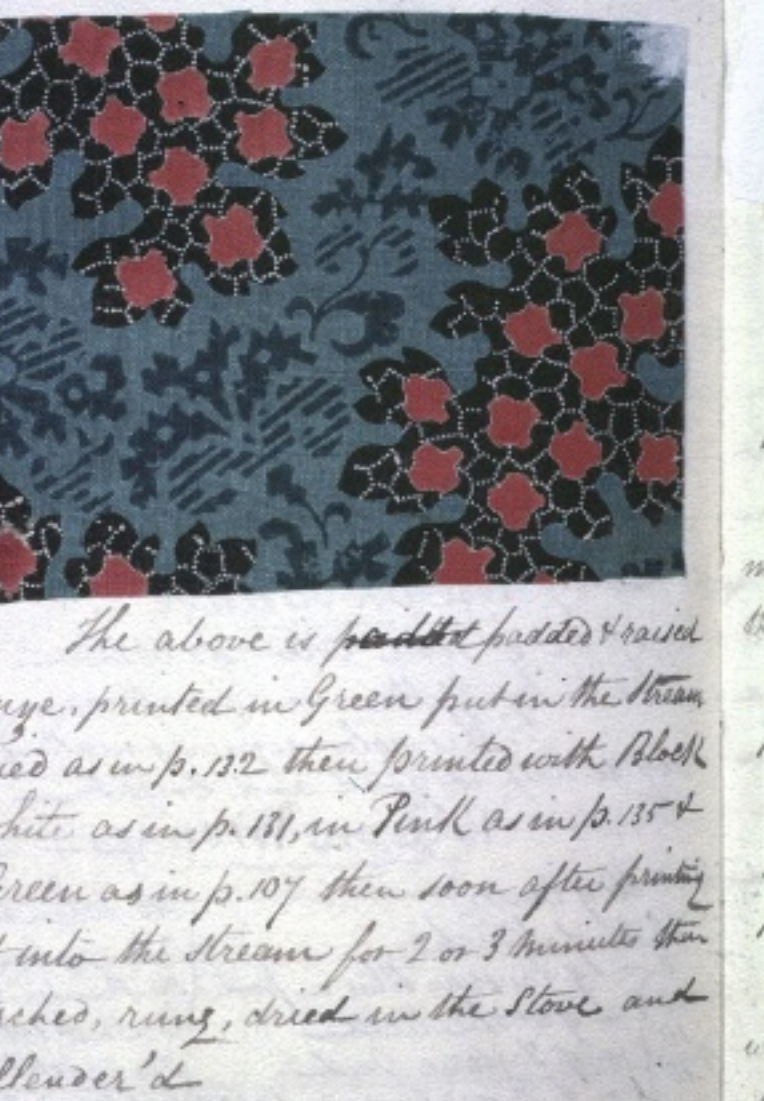
#### ■ LAS INDIANAS

En el caso de las indianas (imitación de telas de algodón estampadas en colores, originarias de la India), se requería un largo proceso de lavado, blanqueo, desengrasado y avivado de color, entre moldes y cilindros de impresión, calderas de vapor o secadoras, hasta tener la pieza acabada y lista para ser expuesta en el mercado. Cuatro clases diferentes de líquidos o mezclas se disputaban el protagonismo en la superficie de las telas: un amplio abanico de sustancias de origen vegetal, animal y mineral de donde se extraían los colorantes naturales; las sales minerales fijadoras o mordientes; los productos sustractores de colores o descargas, y los productos protectores o reservas.

En el sistema técnico de las indianas representaban además un papel fundamental los dibujantes, diseñadores, pintores o grabadores, en sus múltiples intentos de

combinar colores y formas para fabricar un producto a escala industrial con unas características estéticas que lo hiciesen atractivo para los potenciales compradores de los diferentes mercados internacionales. Se observaba una interesante alianza entre dos significados de la palabra *arte*: el sentido estético y la antigua significación técnica, ahora convertida en industrial.

Más de veinte materias tintóreas podían ser utilizadas habitualmente en un taller de tinción, además de treinta o cuarenta sustancias auxiliares. El diseñador o dibujante tenía también un papel clave. Debía dirigir la estrategia del fabricante hacia la producción de un tipo determinado de formas y colores, estudiar con espíritu crítico las preferencias de los clientes, y conocer los caprichos de la moda. Las firmas más poderosas contrataban a diseñadores y grabadores a tiempo completo para que creasen diariamente nuevas combinaciones de formas y de colores, pero solo uno de cada cien diseños llegaba con éxito al mercado después de superar las duras pruebas a las que se le sometía en relación a la belleza del acabado, a la solidez de los colores y al gusto de los compradores.



© John Mercer's Archive, Museum of the History of Science, Oxford

La estampación de telas introducía además algunas operaciones clave que complicaban aún más las relaciones entre la química académica y el mundo artesanal. Por una parte, eran imprescindibles los procesos de mecanización tanto a nivel continuo como discontinuo, de manera que nuevas habilidades mecánicas y nuevos expertos debían representar un papel muy importante en su fabricación a gran escala en factorías industriales. Dibujar, grabar el cilindro, imprimir y fijar bien el diseño impreso se convirtieron en operaciones muy importantes que complicaban aún más la definición del experto en tintura.

Por otra parte, los dibujos estampados solo podían tener bastante calidad si las tinturas se aplicaban sobre una superficie totalmente blanca. La química aplicada al blanqueo de telas pasaba a ser una pieza fundamental del proceso. Si al inicio del siglo XVIII este proceso se conseguía extendiendo las telas en campos a cielo abierto durante meses o tratándolas con ácidos diluidos, el descubrimiento del gas cloro permitió a Berthollet en 1785 proponer que se aplicara para el blanqueo rápido y eficaz de las telas. En 1788 la manufactura de Javel, cerca de París, desarrolló un producto comercial conocido como *eau de Javel* diluyendo el cloro en una

solución alcalina. En 1789, Thomas Henry (1734-1816) patentó en Escocia un lejía sólida que tenía unas ciertas ventajas con respecto al *eau de Javel*. Detalles técnicos al margen, lo importante es que se había producido una aplicación industrial de un gas que pocos años antes había sido descubierto en un contexto académico, en el laboratorio. A pesar del uso de las soluciones de cloro, el blanqueo industrial de las telas requería también de habilidades artesanales, muchas pruebas y ajustes. Este ejemplo ha sido utilizado por algunos historiadores para mostrar una cierta conexión entre la cultura académica y la cultura artesanal. En cualquier caso, el universo de materiales y operaciones del arte de la tintura y la estampación superaba con creces cualquier simplificación entre ciencia y técnica o entre química e industria que hoy en día nos queramos imaginar.

El arte de la tintura en la época de la revolución química se caracterizó por una compleja combinación de controles de calidad y técnicas analíticas muy alejadas de la química moderna. Con experimentos de prueba y ajuste, criterios taxonómicos diversos para clasificar y ordenar las tinturas, los productos químicos, los procedimientos y patrones de color, con numerosas apropiaciones de recetas extranjeras, circulación de libros, de fórmulas y de muestras, y una dosis considerable de conocimiento tácito, de difícil cuantificación y estandarización. El lector siempre puede objetar que quizá el caso del arte de la tintura fue una excepción, y que podríamos encontrar interesantes aplicaciones de la química académica de Lavoisier en otras actividades industriales. No obstante, las evidencias históricas parecen indicar lo contrario. Incluso en el caso del cloro, su aplicación industrial para el blanqueo de las telas tenía poco que ver con los experimentos de laboratorio de décadas anteriores. La síntesis de la sosa (carbonato sódico) de Nicolas Leblanc a partir de sal marina (cloruro sódico) y ácido sulfúrico, o las producciones industriales de otros álcalis y ácidos, quedó en buena parte dentro del paradigma del conocimiento tácito, las tradiciones gremiales y una lógica particular de racionalización de cada uno de los procesos. A pesar de ello, esta es también una parte muy importante de la historia de la química, que, como en el caso de la tintura, hay que investigar, difundir y dignificar. ☺

#### BIBLIOGRAFÍA

- FOX, R. y A. NIETO-GALAN (eds.), 1999. *Natural Dyestuffs and Industrial Culture in Europe, 1750-1880*. Science History Publications. Canton MA.
- KLEIN, U. y E. SPARY (eds.), 2010. *Materials and Expertise in Early Modern Europe: Between Market and Laboratory*. University of Chicago Press. Chicago.
- NIETO-GALAN, A., 2001. *Colouring Textiles. A History of Natural Dyestuffs in Industrial Europe*. Kluwer. Dordrecht.

**Agustí Nieto-Galan.** Director del Centro de Historia de la Ciencia. Universitat Autònoma de Barcelona.





# ENTRE LA CIENCIA Y EL ARTE

## LAS IMÁGENES DEL LABORATORIO QUÍMICO

Santiago Álvarez

Sin duda, el laboratorio químico ha experimentado una gran evolución desde que nació hasta la actualidad. En este artículo se presentan unas breves notas de algunos aspectos relevantes en la evolución histórica del laboratorio químico: desde la imagen y diseño, la creación y la financiación, hasta el espíritu que lo anima.

### ■ LA IMAGEN ANTIGUA DEL LABORATORIO

Es, por tanto, una cosa indispensable para todo aquel que quiera convertirse en químico, tener un laboratorio provisto de los instrumentos más necesarios para la práctica de esta ciencia.

JOSEPH-PIERRE MACQUER, 1766. *Dictionnaire de Chymie*.

Desde la antigüedad nos han llegado imágenes de praxis química que van desde los egipcios fundiendo y pesando oro, hasta las populares representaciones de laboratorios alquímicos que podemos encontrar en libros y pinturas de los siglos XVI al XIX, pasando por los frescos de la Casa de los Vetii, en Pompeya, realizados antes de la erupción del Vesuvio, el año 79. Estos frescos muestran querubines preparando y probando vinos, haciendo extractos, aceites y esencias perfumadas, y acuñando monedas en una ceca. En muchas de estas imágenes no hay una representación del espacio donde se realizan los experimentos. En otras, las experiencias se realizan al aire libre, o bien en estancias normales con las mínimas adaptaciones para las tareas químicas que se llevan a cabo en ellas, y con un mobiliario nada especializado. En la Inglaterra del siglo XVII, por ejemplo, los experimentos se hacían en lugares tan diversos como farmacias, talleres de artesanos, residencias privadas o sótanos de museos. En muchos casos la química al aire libre debía ser tan solo una licencia artística que permitía situar al químico (o al alquimista) en su paisaje.

En algún momento impreciso, sin embargo, las operaciones químicas empiezan a representarse en espacios especializados, o laboratorios. En la cultura occidental

las imágenes de alquimistas y sus laboratorios fueron tratadas *in extenso* por pintores de fama muy diversa como Pieter Brueghel el Viejo, Adraen van Ostade, Carl Spitzweg, Cornelis de Man, Justus Gustav van Bentum, Joseph Wright of Derby, Thomas Wijck o Jan Steen, por citar tan solo unos pocos. Entre ellos destaca David Teniers el Joven, que pintó a mediados del siglo XVII por lo menos una veintena de cuadros sobre alquimistas, variaciones sobre el tema que combinaban los mismos elementos con varias disposiciones. Elementos comunes

en estas imágenes eran crisoles, retortas, frascos de vidrio de formas y dimensiones variadas, fuego y utensilios para atizarlo, relojes de arena y, ocasionalmente, una balanza. Algunos de ellos se pueden ver en el grabado que representa al monje franciscano Berthold Schwarz, tal vez el primer europeo que preparó pólvora, en la primera mitad del siglo XIV.

«EN LA CULTURA  
OCCIDENTAL, LAS IMÁGENES  
DE ALQUIMISTAS Y SUS  
LABORATORIOS FUERON  
TRATADAS 'IN EXTENSO'»

### ■ ¿QUIÉN FINANCIA UN LABORATORIO?

—Decidme, señor Varney: ¿en este refugio que me ofrecéis, podré contar con mi laboratorio?

—Todo un gran laboratorio, estimado y viejo amigo —respondió Varney—. Un reverendo abad, que hace una veintena de años tuvo que dejarle el sitio al obeso rey Enrique y a muchos de sus cortesanos, tenía un laboratorio completamente equipado, que se vio obligado a dejar en herencia a sus descendientes. En él se podrá usted dedicar sin ningún tipo de tropiezos a fundir, llamear, soplar, descifrar, hasta que el dragón verde se transforme en una oca de oro, o en cualquier otra cosa de las mencionadas por sus colegas.

WALTER SCOTT, 1821. *Kenilworth*.

A la izquierda, Eugènia Balcells. *Brindis (invitación a la abundancia)*, 1999. Instalación multimedia.



© Science Museum / Science &amp; Society Picture Library, Londres

Berthold Schwarz, quizá el primer europeo en preparar pólvora, en su laboratorio durante la primera mitad del siglo XIV. En este grabado de R. Custos (1643) se pueden ver algunos elementos comunes en los laboratorios de los alquimistas.

Poder disponer de un laboratorio equipado con los utensilios adecuados, antiguamente, presentaba la misma dificultad que en la actualidad: encontrar una fuente suficiente de financiación. Ya en el siglo XIII Alberto el Grande, en su libro *De Alchimia*, apuntaba entre las condiciones que debía reunir un buen alquimista el ser lo bastante rico como para hacer frente a las gastos de este arte. No es extraño, pues, que muchos laboratorios estuviesen bajo el paraguas de reyes y nobles. Sabemos, por ejemplo, de la creación de laboratorios en Königgrätz en 1476 por Wenzel von Troppau, por el rey Jaime IV de Escocia en 1501, instalado en el castillo de Stirling bajo el asesoramiento del médico y alquimista John Damian, y por el rey Rodolfo II en Praga en 1578, en el que trabajaron los alquimistas John Dee, Michael Maier y Michael Sendivogius. También sabemos que el conde de Saint-Germain, reconocido alquimista, convenció al rey Luis XVI para que le cediese un espacio en el castillo de Chambord para instalar un laboratorio, hacia 1758. Giacomo Casanova, por su parte, nos explica en sus memorias que la marquesa de Urfé, en París, tenía un laboratorio privado acompañado de una buena biblioteca.

**«ANTIGUAMENTE,  
PODER DISPONER DE UN  
LABORATORIO EQUIPADO  
CON LOS UTENSILIOS  
ADECUADOS PRESENTABA  
LA MISMA DIFICULTAD  
QUE EN LA ACTUALIDAD:  
ENCONTRAR UNA  
FUENTE SUFICIENTE DE  
FINANCIACIÓN»**



© Edgar Fañs, Smith collection

Laboratorio de docencia e investigación de Justus von Liebig en Gießen (1842). El primero por la derecha es August Wilhelm von Hofmann.

Lavoisier realizó sus investigaciones en el laboratorio del Arsenal de París, financiado por él mismo. Berthollet siguió su ejemplo e instaló un laboratorio en Arcueil, en los alrededores de París, en el que se reunían científicos del calibre de Laplace, Gay-Lussac, Von Humboldt, Thénard y Chaptal. Según Sir John Meurig Thomas, hasta los tiempos de Humphry Davy los científicos habían desarrollado su propio equipamiento y habían trabajado en laboratorios creados con sus propios recursos. Aún a finales

del siglo XIX Lord Rayleigh, después de haber establecido en la Universidad de Cambridge uno de los laboratorios de física más destacados del mundo, el Cavendish Laboratory, montó un laboratorio privado en su baronía de Terling, Essex, donde realizó su tercer trabajo de se-



© Universitat de Barcelona

Diseño de laboratorio propuesto por Samuel Parkes en *The Chemical Catechism* (5ª edición, Londres, 1812), grabado de A. W. Warren a partir de un dibujo de Cornelius Varley. Reproducido con autorización de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

paración de los gases nobles. Durante los siglos XVIII y XIX también era habitual que los profesores sufragasen aparatos con su dinero, como sabemos que sucedió en la Universidad de Glasgow, mientras que el laboratorio de Priestley fue una donación de un mecenas. En algunos casos, la universidad les compraba estos aparatos una vez finalizada su carrera académica.

Davy, en 1803, recurrió al público para conseguir financiación y marcó el inicio de una era en la que los laboratorios dejan de depender de las finanzas de los propios científicos. El laboratorio docente de Edmond Frémy, en el Museo de Historia Natural de París, por ejemplo, fue financiado por el ministro Duruy, a quien convenció con el argumento de que los químicos franceses se tenían que formar en Alemania, en los laboratorios de Liebig, Bunsen y Hofmann. Al apoyo ministerial, Frémy añadió el mecenazgo de importantes industriales para la adquisición de instrumentos y material, así como una dotación del editor Masson para la biblioteca.

También es significativo el caso de Liebig, quien, una vez nombrado profesor en Giessen, no consiguió que la universidad financiase la instalación de un laboratorio, ya que «el papel de la universidad es educar a futuros servidores públicos, no entrenar farmacéuticos, fabricantes de jabones, cerveceros ni otros artesanos». Por tanto, Liebig y sus asociados tuvieron que establecer su instituto como una actividad privada. Tan solo en 1835 se dotó un presupuesto para un ayudante, que Liebig había pagado hasta entonces de su propio salario. Las dificultades para conseguir financiación persistían aún en 1838, cuando quiso ampliar el laboratorio para poder hacer frente al creciente número de estudiantes venidos de todas partes, hasta el punto que amenazó con trasladarse a Darmstadt con todos los aparatos de laboratorio y reactivos que había adquirido por su cuenta. Finalmente su petición fue atendida y las obras de ampliación del laboratorio empezaron en 1839 y doblaron prácticamente la superficie de trabajo.



© MÉTODE

Laboratorio de los doctorandos noveles de Alfred Werner en Zúrich, llamado coloquialmente *la catacumba* por sus pésimas condiciones (ca. 1907).

### ■ LABORATORIOS CON NOMBRE PROPIO

Una mano firme y ojos rápidos son los auxiliares más útiles, pero ha habido muy pocos grandes químicos que hayan conservado estas cualidades durante toda su vida, ya que el trabajo de un laboratorio es muy a menudo una labor peligrosa...

HUMPHRY DAVY, 1830. *Consolations in Travel*.

En la vertiente de la investigación aplicada, se considera como primer gran laboratorio industrial el fundado por el prolífico inventor norteamericano Thomas Alva Edison (1847-1931). De hecho, Edison creó varios laboratorios a lo largo de su vida, entre ellos el que inauguró en Menlo Park (Nueva Jersey) en 1876 ha merecido el calificativo de «la fábrica de inventos». Aún construyó un centro de investigación más grande en West Orange, en el mismo estado (1887), formado por cinco edificios, tres de los cuales estaban destinados a laboratorios de física, química y metalurgia. En este centro trabajó hasta su muerte, asistido por un equipo que llegó a contar con diez mil personas durante la Primera Guerra Mundial.

La primera cátedra de química europea, creada en Marburgo en 1609, fue ocupada por Johannes Hartmann, quien montó el primer laboratorio docente en 1615, para el cual escribió la *Praxis Chymiatrica* que se publicó al cabo de unos años. Una ilustración de un antiguo laboratorio docente se puede encontrar en un libro de Aníbal Barlet, en la que un grupo de discípulos atiende a las explicaciones del profesor, que no es ningún otro que Hermes Trismegisto. Poco más tarde la Academia de Ciencias de París puso en marcha un laboratorio y Johann Hofmann, otro en la Universidad de Altdorf.

«UNA VEZ ESTABLECIDOS LOS LABORATORIOS COMO ESPACIOS ESPECÍFICOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN QUÍMICA, ALGUNOS SINTIERON LA NECESIDAD DE SALIR DE ELLOS. ASÍ NACIERON LOS LABORATORIOS PORTÁTILES»

Otros laboratorios docentes relevantes son los de Mikhailo Vasilevich Lomonosov en San Petersburgo (1748), Nikolaus Joseph von Jacquin en la Escuela de Minas de Schemnitz (1763), Louis Clouet en la Ecole du Génie Militaire de Mézières, Jacques-Elie Lamblardie en la Ecole Polytechnique de París (1794), y el de Friedrich Stromeyer en Gotinga (1806). Entre los laboratorios de Europa, el más influyente en el siglo XIX fue el de Justus von Liebig, establecido en Giessen en 1827, y que combinaba enseñanza e investigación. Liebig, después de una estancia en París con Gay-Lussac, había sido nombrado en 1824 profesor extraordinario de química a los veintidós años. Durante los veintiocho años que dirigió su laboratorio, se formaron más de setecientos estudiantes. Al mismo tiempo, Amos Eaton iniciaba en el estado de Nueva York la enseñanza de la química en el laboratorio del Rensselaer Polytechnic Institute.

### ■ DISEÑO Y ORGANIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS

Margarita subió al laboratorio. Al entrar, vio a su padre en medio de una sala inmensa, fuertemente iluminada, repleta de máquinas y de vidriería polvorienta; por aquí y por allá había libros, mesas repletas de productos etiquetados y numerados.

[...] Este conjunto de matraces, de retortas, de metales, de cristalizaciones con colores fantasmagóricos, de muestras fijadas en las paredes, o arrojadas a los hornos, estaba dominado por la figura de Baltasar Cläes, quien, sin camisa, los brazos desnudos como los de un obrero, mostraba el pecho cubierto de pelos blancuzcos como los de su cabeza.

HONORÉ DE BALZAC, 1834. *La recherche de l'absolu*.

A medida que crecía el número de laboratorios químicos se hacía patente la necesidad de establecer criterios racionales de diseño y organización. En 1766, por ejemplo, Pierre-Joseph Macquer incluyó en su diccionario de química una sección dedicada a la palabra *laboratorio*, en la que discutía a fondo aspectos generales de diseño y de instalaciones. Poco más tarde, Michael Faraday escribía en su libro *Chemical Manipulation*, dedicado en buena parte a describir cómo debe ser un laboratorio, qué operaciones se realizan en él y qué material necesita para llevarlas a cabo.

Como muestra de los aspectos que trataban estos manuales, anotemos que ambos autores dan una gran importancia a la iluminación. Esta preocupación se refleja en muchas imágenes de laboratorios, tanto de aquella época como posteriores, en los que vemos grandes



Carl Spitzweg. *El alquimista*, ca. 1860. Óleo sobre lienzo, 38 x 36 cm. Esta obra se puede tomar como ejemplo de la actitud entusiasta e inquisidora de los que han trabajado en el mundo de la química.

ventanales, como en el laboratorio propuesto por Samuel Parkas, o en el que se mostraba unos años antes en la *Encyclopédie* de Diderot y de D'Alambert. Como pasa a menudo, no obstante, con el paso del tiempo las necesidades de espacio sobrepasan las previsiones del diseñador y se acaban habilitando espacios menos adecuados, como debía pasarle a Alfred Werner, en Zúrich. El padre de la química de coordinación ubicaba a los doctorandos noveles en un laboratorio conocido como *la catacumba*, en un semisótano mal iluminado.

Los diseñadores de laboratorios también llaman la atención sobre la presencia de visitantes. En un manual reciente, por ejemplo, B. Griffin les considera como un factor de riesgo «para el personal, para el equipamiento y para ellos mismos». Una advertencia semejante se podía encontrar en el manual de Faraday: «Sobre una mesa tiene que haber un cuaderno en blanco, con tinta y pluma, para anotar inmediatamente los experimentos. Se puede admitir una silla, y una sola será más que suficiente para este propósito, ya que un laboratorio no es lugar para las personas que no participan en las operaciones que se realizan en él.»

**«EN LOS LABORATORIOS  
SE REPITEN  
COTIDIANAMENTE  
LOS MILAGROS DE LA  
TRANSFORMACIÓN DE LA  
MATERIA Y LA CREACIÓN DE  
NUEVAS MOLÉCULAS»**

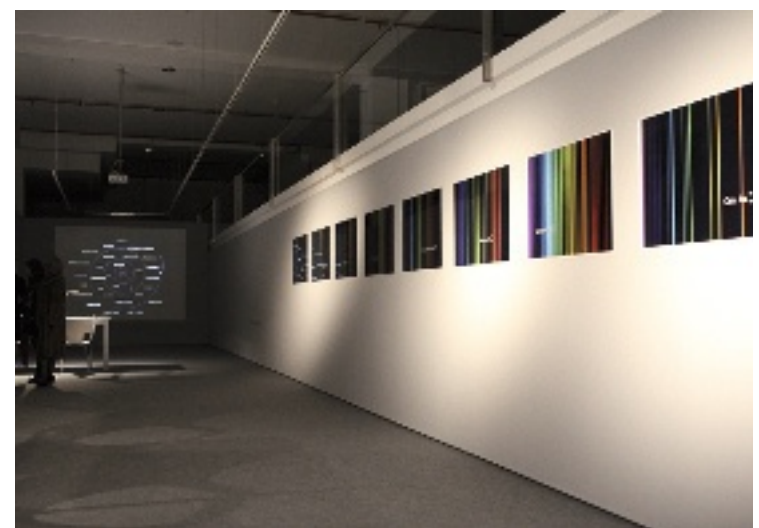
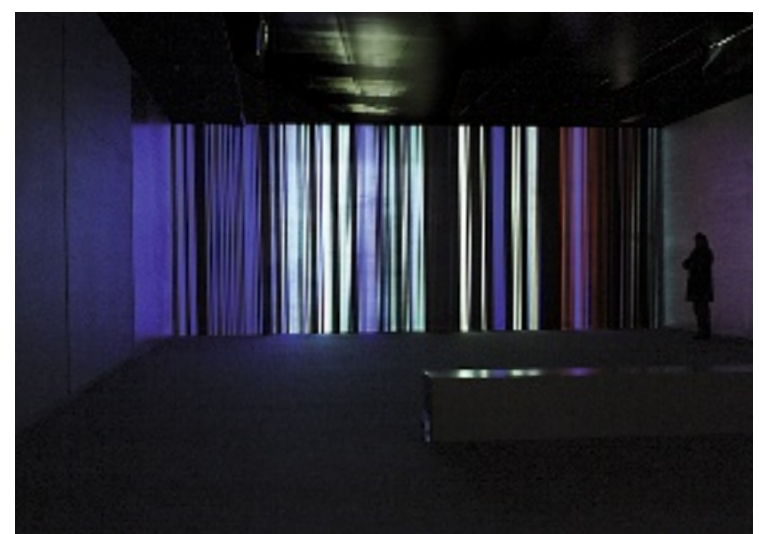
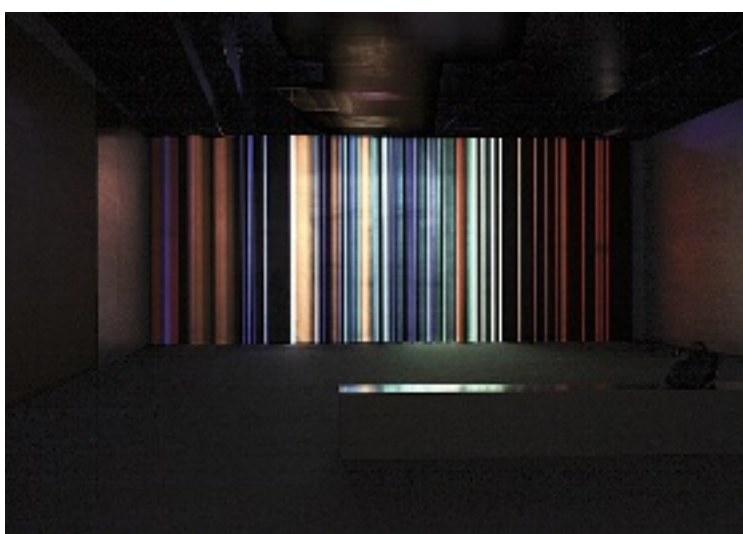
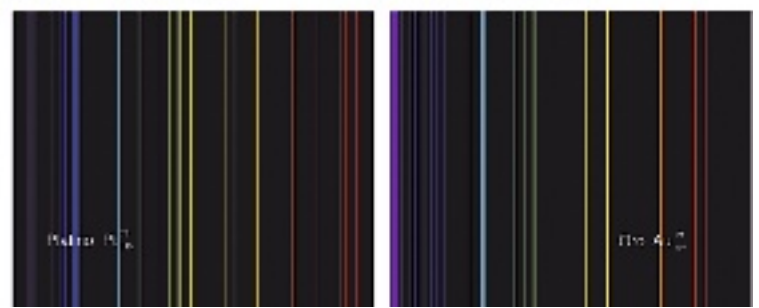
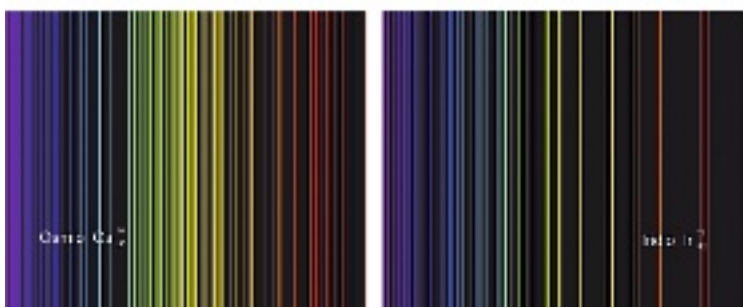
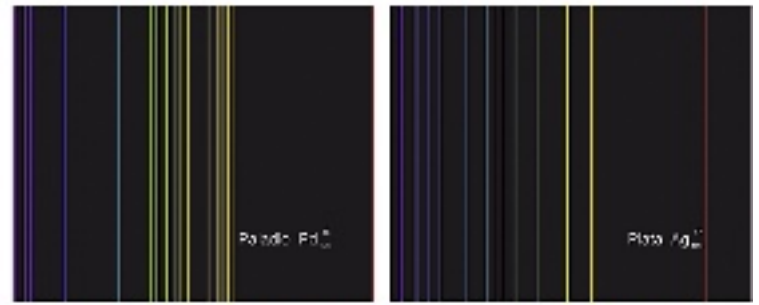
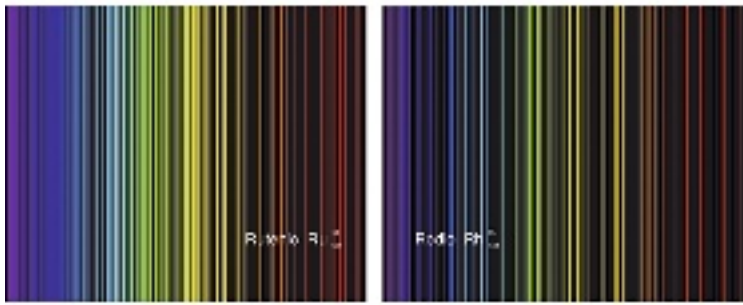
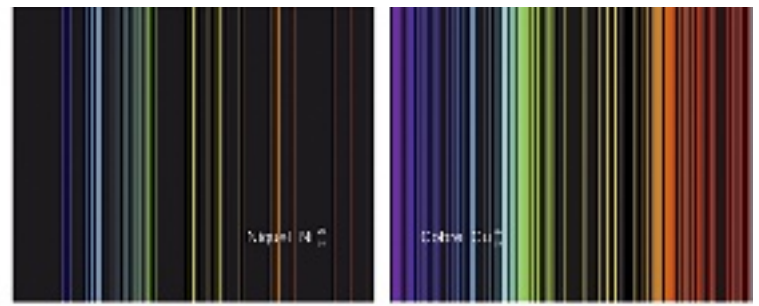
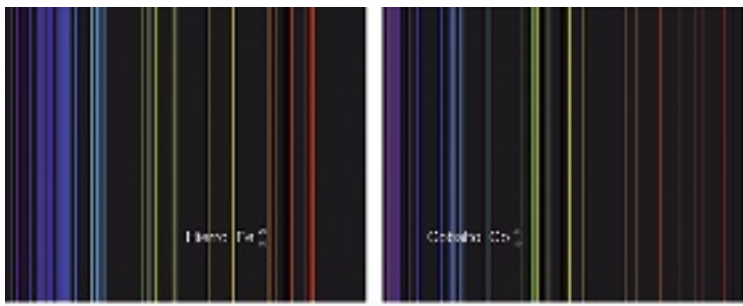
También John Joseph Griffin (1802-1877) aconsejaba en su libro *Chemical Recreations* (1834), entre otras instrucciones para el equipamiento de un laboratorio: «Disponed una mesa sólida y bien nivelada ante una ventana, en una habitación libre de polvo y de distracciones, en la que no haya niños.»

■ EL LABORATORIO DE VIAJE

Una vez establecidos los laboratorios como espacios específicos para la experimentación química, algunos sintieron la necesidad de salir de ellos, para hacer, por ejemplo, análisis de minerales a pie de mina. Así nacieron los laboratorios portátiles. El primero del que tenemos noticia fue propuesto por Becher en su libro *Tripus hermeticus fatidicus* (1680). Lavoisier, por su parte, hizo un viaje de cuatro meses a caballo por los Vosgos en 1767 con el propósito de identificar minerales para el *Atlas de minéralogie* que preparaba Jean Guettard, razón por la que se equipó con un pequeño laboratorio portátil. Guyton de Morveau, conocido por su participación con Lavoisier en el establecimiento de la nomenclatura química, describió un *necesar químico* en 1783, formado por dos cajas que contenían varios frascos con

soluciones y material de laboratorio diverso. Un caso digno de mención es el de John Smithson (1754-1829), químico inglés más conocido por haber dejado su herencia a los Estados Unidos para la fundación de la Smithsonian Institution. Este viajaba acompañado siempre de un laboratorio portátil, así como de un gabinete con miles de pequeños minerales, para facilitar la identificación de nuevos especímenes mediante el análisis químico y la comparación con los minerales conocidos.

Johann Friedrich August Göttling, profesor de química en la Universidad de Jena, diseñó varios modelos de laboratorio portátil (*Probierkabinet*), cuya venta le permitía complementar su salario. La fama de estos gabinetes llegó a Goethe, quien los menciona en su novela *Las afinidades electivas*. También Humphry Davy pensaba que los utensilios de laboratorio imprescindibles se podían llevar fácilmente de viaje en un pequeño baúl, y eso hizo en un largo viaje por Francia e Italia, iniciado a finales de 1813. Gracias a su laboratorio portátil pudo realizar varios ensayos sobre una muestra de una sustancia violeta descubierta por Courtois que le facilitó Ampère y pudo comprobar que se trataba de una sustancia elemental con un comportamiento químico semejante a



los del cloro y el bromo, que llamó *iodine* (yodo). Mencionemos por último los gabinetes introducidos por John Joseph Griffin en su libro *Chemical Recreations*, que más tarde comercializaría a través de la primera empresa especializada en la venta de reactivos y aparatos para laboratorios químicos, creada en 1848 en Londres.

No podemos dejar los laboratorios viajeros sin anotar que posteriormente han empleado diversos medios de transporte. Los barcos, como el que equipó John Young Buchanan en 1872 a bordo del *Challenger*, en una histórica expedición oceanográfica, predecesor modesto de los actuales barcos oceanográficos. Un vagón de tren, como el primer laboratorio instalado por un Thomas Alva Edison aún adolescente. O las naves espaciales como el *Mars Science Laboratory* (MSL, también llamado *Curiosity*) o el *Phoenix Mars Lander* de la NASA, portadores de pequeños laboratorios que incorporan técnicas instrumentales modernas como la cromatografía de gases, la espectrometría de masas, espectroscopias láser diversas y microscopias óptica o de fuerza atómica.

#### ■ IMAGEN Y ESPÍRITU DEL LABORATORIO CONTEMPORÁNEO

El amo del castillo había pasado en vela toda la noche, fundiendo y enfriando, destilando y mezclando con excitación febril. [...] La lámpara se extinguió, pero él no lo notó. Reavivó el fuego de las brasas, y lanzó un brillo rojizo sobre su pálida cara, encendiéndola con un resplandor, mientras sus ojos hundidos miraban extrañamente desde sus profundidades cavernosas, y parecían hacerse más grandes y prominentes, como si fuesen a saltar de las cuencas. «Mira el vidrio alquímico –gritó–, algo brilla en el crisol, puro y pesado.» Lo levantó con una mano temblorosa, y exclamó con voz agitada, «¡Oro! ¡Oro!»

HANS CHRISTIAN ANDERSEN, 1859. *Lo que el viento cuenta de Valdemar Daae y de sus hijas*.

La imagen del laboratorio químico contemporáneo es, en muchos aspectos, bastante diferente a las que hemos visto hasta ahora y merecería un análisis más detallado. Nos conformaremos con apuntar dos detalles: la aparición de instrumental electrónico y de las omnipresentes pantallas de ordenador, así como un aspecto más aséptico y luminoso, como de vidrio y acero inoxidable. Un buen ejemplo reciente es el Chemistry Research Laboratory de la Universidad de Oxford, diseñado por los arquitectos Hawkins y Brown.<sup>1</sup> A pesar de todo, los laboratorios actuales comparten con los de los alquimistas

<sup>1</sup> <http://www.chem.ox.ac.uk/oxfordtour/crl/>

A la izquierda, Eugènia Balcells. *Frecuencias*, 2009. Instalación multimedia.

el título de santuarios de la ciencia que les otorgó Pasteur. En ellos se repiten cotidianamente los milagros de la transformación de la materia y la creación de nuevas moléculas.

La actitud inquisidora y entusiasta de quienes trabajan se ve reflejada magistralmente en dos obras de arte. Una, pintada en 1795 por Joseph Wright de Derby, representa el momento en el que Hennig Brandt descubre el fósforo por serendipia, y lleva por título *El alquimista, en busca de la piedra filosofal, descubre el fósforo, y ruega por la exitosa conclusión de su operación, como era la costumbre de los Antiguos Astrólogos Chymicos*. Otra, *El alquimista* de Carl Spitzweg, se exhibe en la Staatsgalerie de Stuttgart, y es una obra casi ascética si la comparamos con los numerosos cuadros de alquimistas pintados por David Teniers el Joven. Entre los pocos elementos que Spitzweg nos muestra en su cuadro, un balón refleja las ventanas luminosas que hacen patente

**«EN LA VERTIENTE DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA, SE CONSIDERA COMO PRIMER GRAN LABORATORIO INDUSTRIAL EL FUNDADO POR EL PROLÍFICO INVENTOR NORTEAMERICANO THOMAS ALVA EDISON (1847-1931). DE HECHO, EDISON CREÓ VARIOS LABORATORIOS A LO LARGO DE SU VIDA»**

su esfericidad. El alquimista, ligeramente inclinado ante el balón, con las gafas caídas sobre una nariz sospechosamente rojiza, lo observa atentamente, esperando con emoción ver caer las primeras gotas de un destilado. No es el oro ni ningún interés material lo que apreciamos en su mirada, tan solo la fascinación de quien se encuentra en un lugar sagrado presenciando un prodigio. ☺

#### BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, S., 2011. «Los laboratorios químicos, estancias sagradas». *Anales de Química*, 106 (en prensa).
- FERCHL, F. y A. SUSSENGUTH, 1933. *A Pictorial History of Chemistry*. William Heinemann. Londres.
- GREENBERG, A., 2007. *From Alchemy to Chemistry in Picture and Story*. Wiley Interscience. Nueva York.
- GRIFFIN, B., 2005. *Laboratory Design Guide*. Elsevier. Amsterdam.
- MAAR, J. H., 2008. *História da Química. Primeira Parte: Dos Primórdios a Lavoisier*, 2a edición. Conceito Editorial. Florianópolis, Brasil.
- READ, J., 1947. *Humour and Humanism in Chemistry*. B. Bell and Sons. Londres.

**Santiago Álvarez**. Departamento de Química Inorgánica e Instituto de Química Teórica y Computacional, Universitat de Barcelona.





AMM 4/11/10  
2010

# LA HISTORIA DE LA OBRA TEATRAL 'OXÍGENO'

## CIENCIA Y LITERATURA, DEL PAPEL AL ESCENARIO

Carl Djerassi

¿La «ciencia en ficción» y el teatro pueden servir para presentar de manera verosímil y comprensible los descubrimientos y una idiosincrasia tan tribal como la de los científicos? El ejemplo de la obra teatral *Oxígeno* demuestra contundentemente que sí.

La relación entre ciencia y literatura es un tema muy vasto, que solo puede tratarse superficialmente dentro de los límites de un artículo breve. Por eso he optado por abordarlo dentro de los límites restringidos de mi propia experiencia: como químico que, tras medio siglo de investigación –reflejada en más de mil artículos científicos–, decidió reinventarse a sí mismo dedicándose a la «verdadera» literatura, que para mi actual propósito significa novela y teatro. Las razones personales que me empujaron a transformarme de científico a novelista y dramaturgo necesitan poca explicación, ya que las he descrito en un libro de memorias (Djerassi, 2001). En su lugar, permítanme reducir aún más el enfoque de este artículo utilizando, en este Año de la Química, mi propia disciplina como la ciencia que se examinará a través de la lente de la literatura.

### ■ LA QUÍMICA EN LA LITERATURA

Sin ninguna prueba cuantitativa, me atrevo a generalizar y decir que la química es, probablemente, la disciplina científica menos representada en la ficción o en el teatro en comparación con la medicina o la física. Del mismo modo, y a pesar de que algunos grandes escritores como Primo Levi o Elias Canetti fuesen también químicos, me da la impresión de que hay muchos menos escritores de ficción con formación química que científicos especializados en medicina. ¿Por qué?

¿Se debe quizá a que los químicos utilizan muchas más estructuras químicas que palabras y por tanto les cuesta comunicarse, incluso dentro de su propia especialidad –y mucho más con el público en general–, sin

recurrir a la pizarra, a diapositivas o a algún otro tipo de pictograma? ¿O es porque los químicos tratan casi exclusivamente con abstracciones a escala molecular, mientras que los médicos se pasan el día escuchando las historias de otros seres humanos? Después de todo, incluso las novelas u obras de teatro de carácter más científico tienen éxito, cuando lo tienen, porque trabajan el aspecto humano. Por último, permítanme añadir otro obstáculo que explica por qué son tan pocos los químicos que han escrito obras de teatro. Desde la época de Galileo, el discurso escrito más formal de los científicos es monologuista o indirecto, mientras que en el teatro domina el diálogo.

«ANTES DE DESCRIBIR  
QUÉ INVESTIGAN LOS  
CIENTÍFICOS, PREFIERO  
CENTRARME EN ILUSTRAR  
CÓMO ACTÚAN LOS  
CIENTÍFICOS»

### ■ LA CIENCIA EN LA FICCIÓN

¿Que me animó a mí, un científico de una ciencia muy difícil, la química, a pasarme a la ficción para convertirme en un contrabandista

intelectual? Un poco tarde en la vida, a mis sesenta y pico, me decidí a ayudar a salvar el abismo cada vez mayor entre ciencia y cultura popular de una manera poco ortodoxa, y a hacerlo a través de un género que yo llamo «ciencia en ficción», que no debe confundirse con la ciencia ficción. Para mí, una novela solo puede ser considerada como «ciencia en ficción» si toda la ciencia o el comportamiento propio de los científicos que describe es real o por lo menos plausible. Ninguna de estas restricciones se aplican a la ciencia ficción. De ninguna manera estoy sugiriendo que no sea legítimo dejar volar la fantasía científica en la ciencia ficción. Pero si uno realmente quiere usar la ficción para introducir de contrabando hechos científicos en la conciencia de un público científicamente analfabeto –y yo creo que ese contrabando

A la izquierda, Uiso Alemany. Serie «Químico ensimismado», 2010. Técnica mixta, 27 x 35 cm.

es intelectual y socialmente beneficioso—, entonces es fundamental que los hechos se describan con precisión. De lo contrario, ¿cómo puede el lector no formado científicamente saber qué forma parte del entretenimiento y qué se le explica en aras del conocimiento objetivo?

Pero de todas las formas literarias, ¿por qué utilizar la ficción? La mayoría de personas no formadas científicamente tienen miedo a la ciencia. «No entiendo la ciencia», murmuran a menudo mientras corren una cortina mental, en seguida que se dan cuenta de que alguna explicación científica está a punto de caerles encima. Es a este sector del público —el lector acientífico e incluso el anticientífico— al que yo quiero dirigirme. En lugar de empezar con un preámbulo agresivo —«déjenme decirles que mi ciencia...»—, prefiero empezar con otro más inocente: «premitid que os cuente una historia...», y luego incorporar la ciencia real y los científicos de carne y hueso a la trama. Pero antes de describir *qué* investigan los científicos, prefiero centrarme en ilustrar *cómo* actúan los científicos. Y es aquí donde un científico reconvertido en autor puede desempeñar un papel especialmente importante, porque los científicos operan dentro de una cultura tribal cuyas normas, costumbres e idiosincrasia, en general, no se comunican a través de conferencias especializadas o libros, sino que se adquieren a través de esa especie de osmosis intelectual que se da en la relación entre maestro y discípulo. Para mí, como miembro de la tribu científica durante más de cinco décadas, es importante que el público no vea a los científicos sobre todo como unos pirados tipo Frankenstein o Strangelove. Y para que la ciencia-ficción se ocupe no solo de la ciencia real, sino, lo que es más importante, de los científicos reales, creo que un miembro del clan puede describir mejor la cultura tribal y el comportamiento de un científico. Como ejemplo de los muchos temas que me sentía animado a tratar mediante la ficción, les remito a la última novela, titulada *NO* (Djerassi, 2003) de mi tetralogía de ciencia en ficción. La he seleccionado porque muestra la amplia gama de temas relacionados con la ciencia que pueden acoger las páginas de una novela: la química del óxido nítrico, la función biológica que tiene en la erección del pene, la comercialización de esta sustancia a través de la implantación y el funcionamiento de la típica empresa de biotecnología (basado en el estudio de un caso real en Silicon Valley), la lucha de las mujeres en una cultura científica dominada todavía por hombres, la asianización cada vez mayor de la ciencia estadounidense, y, finalmente, la reaparición en *NO* de todos los personajes de las últimas tres novelas. Pero esta aparente chulería también requiere una importante advertencia.

El deseo de usar mis novelas para pasar de contrabando información a la mente de un lector inocente tiene



Cartel de la producción en francés (*Une immaculée Miss Conception*) de *An Immaculate Misconception*, en el Théâtre du Grütli, Ginebra, 2002.



Laboratorio de la producción en portugués (*Esse Espermatozói e meu!*) de *An Immaculate Misconception*, en el Teatro do Trindade, de Lisboa, de 2004.



© Istituto di Storia della Scienza, Firenze

Dibujo del siglo XVIII (colección privada) del laboratorio «neumático» de Lavoisier realizado por su esposa. En el extremo derecho, la señora Lavoisier y el científico, en el centro. (Beretta, M., 2001. *Imaging a Career in Science*. Science History Publications/USA, Canton, MA.)

claros motivos didácticos y probablemente se origina en mi arraigado hábito como científico, ya que la escritura científica sirve sobre todo como vehículo de transmisión de la información. Sin embargo, a la palabra *didáctica* generalmente se le da un sentido peyorativo cuando se emplea en la ficción o el teatro. A pesar de esto, creo que el poeta latino Horacio justificaba convincentemente un uso juicioso en su famosa receta de la *Ars Poética*: «*Lectorem delectando pariterque monendo*» (“deleitando a la vez que instruyendo al lector”).

#### ■ CIENCIA EN EL TEATRO

Pasemos ahora al teatro para dar el argumento más convincente que explica por qué unas ligeras pinceladas de didactismo intercaladas en el texto no tienen por qué ser mortales. En un reciente libro (Djerassi, 2010), expliqué por qué el uso del diálogo me atrae tanto.

Una de las razones tiene que ver con mi propia biografía. En mi anterior encarnación como científico durante más de medio siglo, jamás se me permitió, ni yo me lo permití, usar el lenguaje directo en el discurso escrito. Con muy raras excepciones, los científicos evitan por completo el uso del diálogo escrito desde los tiempos del Renacimiento, cuando, sobre todo en Italia,

algunos de sus textos más importantes se escribían en forma de diálogo. Podía ser expositivo, incluso didáctico, o bien coloquial o satírico, pero atraía a lectores y autores por igual. Galileo es un espléndido ejemplo en este sentido. Y no sólo en Italia. Tomemos a Erasmo de Rotterdam: sus coloquios constituyen un ejemplo superlativo de cómo una de las mentes más grandes del Renacimiento logró tratar en forma estrictamente dialógica temas que iban desde «Asuntos militares» (*Militaria*) o «El deporte» (*De lusu*) hasta «Cortejos» (*Proci et puellae*) o «El joven y la ramera» (*Adolescentis et scorti*). Esta explosión de escritura dialógica propició incluso estudios teórico-literarios. Desde el siglo XVI en adelante los críticos han intentado exaltar, defender, regular o, ¡ay!, abolir este género de escritura, que en ocasiones se ha definido como *closet drama*, es decir, teatro para ser leído en lugar de interpretado.

Hoy en día, el uso exclusivo de la expresión directa solo se practica en la escritura teatral, que es una de las razones por las que he optado por el teatro para mi actividad literaria durante los últimos doce años.

La ciencia es intrínsecamente dramática –al menos en la opinión de los científicos– pero esto ¿qué quiere decir? ¿Que los científicos son personajes dramáticos, o que la ciencia puede llegar a ser el argumento del teatro? Para

mí una cuestión igualmente importante es si la «ciencia en el teatro» también puede cumplir una función pedagógica efectiva en el escenario o si es que pedagogía y teatro son antitéticos. ¿El impulso de educar representa automáticamente el beso de la muerte cuando se escribe teatro comercial? *Didáctico* –es de decir, *aburrido*– suele ser el término más condenatorio que un crítico puede utilizar para ahuyentar a la audiencia potencial de una obra.

Como he dicho en más de una ocasión, muchas personas sin formación científica están tan convencidas de que son incapaces de comprender los conceptos científicos que eso les impide siquiera intentarlo. Para este tipo de audiencia, en lugar de una conferencia sin concesiones, las «historias clínicas» pueden ser más atractivas, así como la manera más persuasiva de superar estos obstáculos. Si una narración de una «historia clínica» que aborda la ciencia o los científicos se interpreta en el escenario y no en el atril o en la página impresa, entonces estaremos hablando de «ciencia en el teatro» (para una visión más amplia, véase Zehelein, 2009).

#### ■ UNA INMACULADA Y ERRÓNEA CONCEPCIÓN

Para tantear el terreno, elegí como tema de mi primera obra *An Immaculate Misconception*, la separación entre sexo (en la cama) y fertilización (bajo el microscopio) que se avecina, ya que considero este uno de los problemas fundamentales que tendrá que afrontar la humanidad durante el próximo siglo. Para el componente científico de mi obra, he elegido la tecnología reproductiva con más carga ética, el procedimiento ICSI (inyección intracitoplasmática de espermatozoides, es decir, la inyección directa de un solo espermatozoide en el óvulo). Sospecho que es poco discutible mi suposición de que todo el mundo tiene una opinión sobre la reproducción y el sexo, y que la mayoría de la gente en edad de ir al teatro están convencidos de conocer los hechos de la vida reproductiva. Pero, ¿realmente es así? Estoy seguro de que pocos de ellos podrían contestar correctamente una pregunta tan simple como esta: aunque solo se necesita un espermatozoide para fecundar un óvulo, ¿cuántos espermatozoides tiene que eyacular un hombre para ser fértil? Respuesta: un hombre fértil eyacula entre 50 y 100 millones de espermatozoides durante la relación sexual, un hombre que eyacule entre 1 y 3 millones de espermatozoides, aunque parezca una cantidad muy elevada, es funcionalmente estéril. Hace menos de veinte años no había esperanza para esos hombres. Pero ahora muchos pueden llegar a ser padres mediante la ICSI. Sin embargo, ¿cuántos de los espectadores potenciales de mi obra han oído hablar de la ICSI? Una vez que hayan visto mi obra, nunca lo olvidarán.



«MUCHAS PERSONAS SIN FORMACIÓN CIENTÍFICA ESTÁN TAN CONVENCIDAS DE QUE SON INCAPACES DE COMPRENDER LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS QUE ESO LES IMPIDE SIQUIERA INTENTARLO. PARA ESTE TIPO DE AUDIENCIA, EN LUGAR DE UNA CONFERENCIA SIN CONCESIONES, LAS “HISTORIAS CLÍNICAS” PUEDEN SER MÁS ATRACTIVAS»





© Colección privada C. Djerassi

Mi primera obra tuvo un éxito bastante rápido: por ahora se ha traducido a doce idiomas, ha sido retransmitida por la BBC World Service, la NPR (EE UU), la WDR (Alemania) y las emisoras radiofónicas de Suecia y la República Checa y también se ha publicado en forma de libro (Djerassi, 2002). Esta acogida en gran parte puede atribuirse a la oportunidad del tema y a los aspectos intrínsecamente dramáticos de la reproducción humana y que *An Immaculate Misconception* presenta de manera muy gráfica, como han comentado todos los críticos.

### ■ OXÍGENO: EL GAS Y LA OBRA

Sin embargo, como químico trocado en dramaturgo, me vi obligado a comprobar si la química se puede re-



© Colección privada C. Djerassi

Para ilustrar las ventajas del teatro, estas fotografías muestran cómo una imagen histórica de un experimento clave de Lavoisier se puede escenificar de formas muy diferentes. De arriba abajo, imagen del 2001 y de 1777, en el montaje de *Oxígeno* de la producción de Costa Rica, en el Teatro Nacional de San José, 2010; laboratorio «pneumático» de la producción coreana de *Oxígeno*, en el KCAF Arts Theatre, Seúl 2006; y principio de la escena de laboratorio «pneumático» de la producción costarricense de *Oxígeno*, en el Teatro Nacional de San José, 2010.

**«LA CIENCIA ES INTRÍNSECAMENTE DRAMÁTICA, PERO ESO ¿QUÉ QUIERE DECIR? ¿QUE LOS CIENTÍFICOS SON PERSONAJES DE TEATRO O QUE LA CIENCIA PUEDE LLEGAR A SER EL ARGUMENTO DEL TEATRO?»**

© Colección privada C. Djerassi

presentar en el escenario de una forma tan convincente como, por ejemplo, el sexo. Tuve la suerte de encontrar un socio, Roald Hoffmann, interesado en unirse a mí en un experimento teatral. En 1981 Hoffmann fue galardonado con el premio Nobel de Química por su contribución a la química teórica. Pero, a diferencia de la mayoría de los químicos, lleva años interesándose por comunicarse con un público más amplio, y lo ha hecho mediante la poesía y obras de no ficción.

Al igual que en mi primera obra de teatro, cuando traté de ocultar mis motivaciones didácticas tras el telón del sexo, en la segunda obra, *Oxígeno*, Hoffmann y yo elegimos un tema –el premio Nobel– que, al menos para los científicos, también puede ser muy *sexy*. El 2001, el centenario del premio Nobel, es también el año en el que se sitúa nuestra obra. En *Oxígeno*, imaginábamos que la Fundación Nobel había decidido celebrar el centenario mediante el establecimiento de un nuevo premio Nobel: el «Nobel retrospectivo», en honor a invenciones o descubrimientos realizados antes de 1901, año en el que se otorgaron los primeros Nobel.

Además de describir de manera teatral la historia del descubrimiento del oxígeno, nuestra obra trata de lidiar con dos preguntas fundamentales: ¿qué significa descubrir para la ciencia y por qué es tan importante para un científico ser el primero? En *Oxígeno*, nos acercamos a estas cuestiones cuando nuestro imaginario comité Nobel retrospectivo se reúne para seleccionar, en primer lugar, el descubrimiento que merece el honor de ser homenajeado y, a continuación, a qué científico hay que atribuírselo. Veamos una de las primeras escenas, en la que la presidenta del comité, Astrid Rosenqvist, discute la cuestión con sus colegas masculinos:

ASTRID ROSENQVIST: Voy a resumir los que tenemos hasta ahora: John Dalton, padre de la teoría atómica.; Dimitri Ivanovich Mendeleiev, por la invención de la tabla periódica; August Kekulé, por la estructura del benceno... y, por supuesto, Louis Pasteur. Todos de primera clase... y bien repartidos en el mapa: un inglés, un ruso, un alemán y un francés.

ULF SVANHOLM: Y para variar, ¡ningún americano!

ASTRID ROSENQVIST: Otra ventaja de centrarnos en el siglo XIX. Pero también convendréis conmigo en que los cuatro son candidatos más apropiados para un Nobel retrospectivo posterior. El primero debería reconocer el principio de la química moderna.

SUNE KALLSTENIUS: En otras palabras... el descubrimiento del oxígeno.

ASTRID ROSENQVIST: ¿A alguien le apetece inventarse unas sencillas palabras para explicar al público que sin el descubrimiento del oxígeno no hubiera habido revolución química... al menos no la química tal como la conocemos ahora?

BENGT HJALMARSSON: Lo intentaré. Antes que Antoine Lavoisier...

SUNE KALLSTENIUS: Querrás decir antes que Carl Wilhelm Scheele...

ULF SVANHOLM: ¿Y qué pasa con Joseph Priestley?

BENGT HJALMARSSON: ¡Ya estamos con el dilema de siempre! Demasiados candidatos al Nobel.

A lo largo de la obra, mientras el comité del Nobel retrospectivo discute la selección, el público va conociendo a los tres principales candidatos a través de un diálogo a tres bandas en el que los protagonistas van alegando sus méritos para conseguir el premio de manos del monarca sueco. Intervienen el boticario sueco Carl Wilhelm Scheele (el primero en aislar el oxígeno), el clérigo inglés convertido en químico Joseph Priestley (que publicó el descubrimiento por primera vez), y el químico, recaudador de impuestos, economista y funcionario francés Antoine-Laurent Lavoisier (el primero en entender qué era el oxígeno). En el viaje de ida y vuelta entre 2001 y 1777 se presentan los documentos históricos y personales que llevan al Comité del Nobel a dictar una resolución.

SCHEELE: «Aclaremos la cuestión: ¿Quién fue el primero en aislar el aire de fuego?» Esa fue la orden de Su Majestad... y nos la dio a los tres.

LAVOISIER: ¿Pero es esta la cuestión real?

PRIESTLEY: Por supuesto. Y usted, Monsieur Lavoisier... no fue el primero en aislar el aire... usted mismo lo reconoció ayer sin ir más lejos.

LAVOISIER: Yo lo comprendí primero...

SCHEELE: ¡La comprensión solamente se produce después de la existencia!

PRIESTLEY: ¡Pero, mi querido Scheele, la prueba de tal existencia la tenemos que compartir!

[...]

LAVOISIER: Pero ciertamente no hace años como ahora alegáis. [*Impaciente.*] ¿Cuál es el verdadero propósito de esta reunión?

PRIESTLEY: ¡Yo fui el primero! En agosto de 1774 aislé aire desflogisticado... Vuestro oxígeno...

LAVOISIER: Pero si usted pensaba que había obtenido aire nitroso.

[...]

PRIESTLEY: Y usted citó mis experimentos en química neumática más de una vez.

LAVOISIER: ¿Eso es motivo para quejarse?

[...]

PRIESTLEY: Usted escribe: «Hicimos tal cosa... y descubrimos tal otra.» Su «nosotros», caballero, ¡hace desapa-

recer mis contribuciones, puf, en el aire! Yo, cuando publico, escribo, «yo he descubierto... he observado...» Yo no me escondo detrás de un «nosotros».

LAVOISIER: Basta ya de vaguedades y lugares comunes. ¿Y ahora qué?

PRIESTLEY: ¡La cuestión, señor! ¡La cuestión! ¿Quién aisló ese aire por primera vez?

SCHEELE: Yo lo hice. Yo, Carl Wilhelm Scheele de Köping. Y las generaciones futuras lo reconocerán.

PRIESTLEY: Pero, por el amor de Dios, yo también lo hice... Yo, Joseph Priestley, ¡y fui el primero en publicarlo!

LAVOISIER: [*Al auditorio.*] Ellos no sabían lo que habían hecho ... adónde nos llevaría el oxígeno.

## ■ LA CIENCIA COMO LIBRO CIENTÍFICO

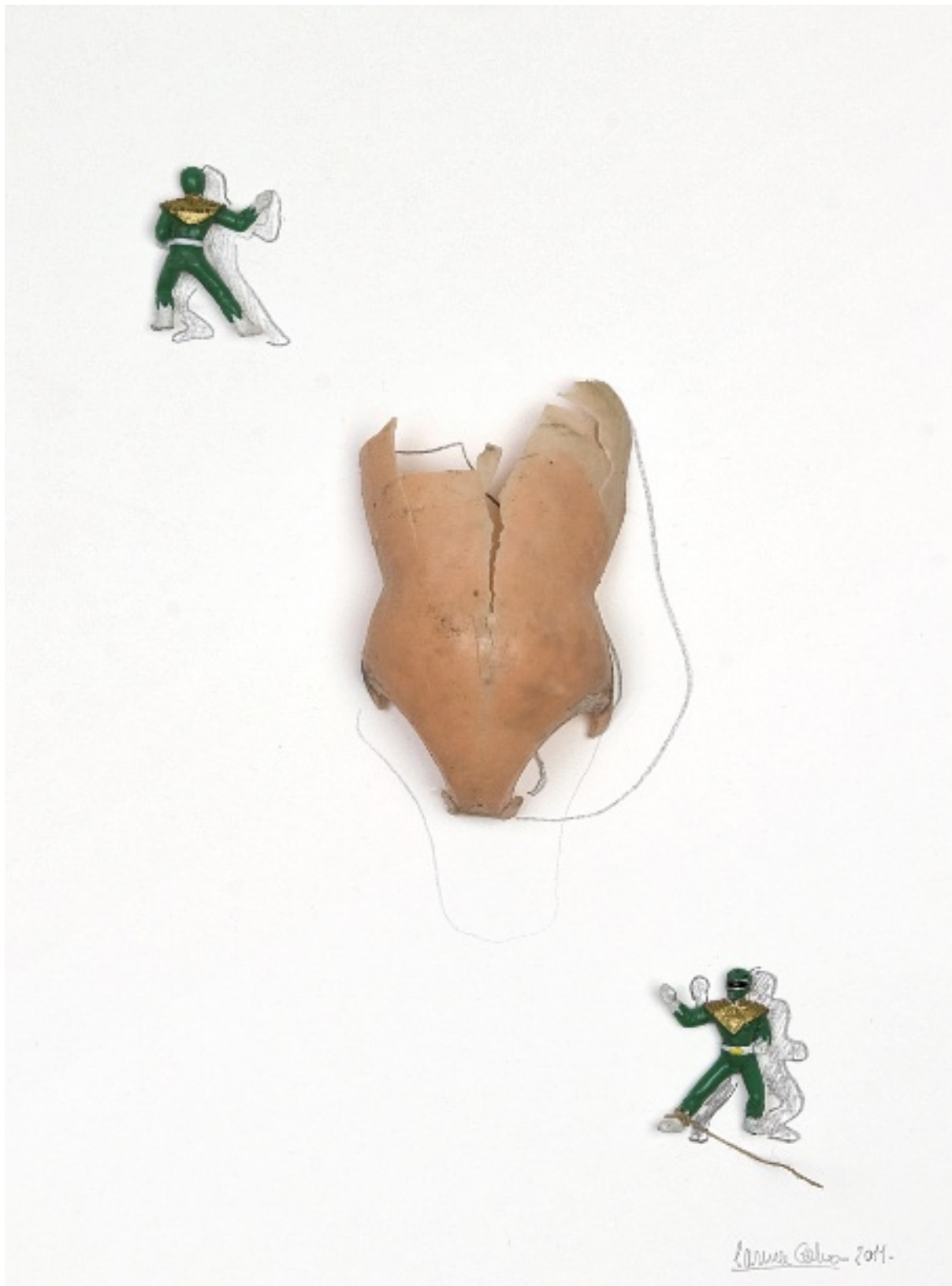
Por ahora, *Oxígeno* se ha traducido a dieciséis idiomas (incluido el catalán), lo que me lleva a un punto final que se aplica también a las otras seis obras de teatro que he escrito desde entonces. ¿Las obras de teatro contemporáneas solo son adecuadas para representarlas de vez en cuando en el escenario o también son textos que vale la pena leer por sí mismos, como un libro normal? En otras palabras, ¿únicamente sirven para exhibirlas encima de un escenario o también se pueden leer encerradas en las cubiertas de un libro, algo que por lo general solo se da en obras canónicas, las de autores clásicos como Shakespeare, Schiller o Molière? Estoy firmemente convencido de que algunas obras de teatro contemporáneo merecen esta doble exposición, y que *Oxígeno*, ahora publicada en formato de libro en ocho idiomas (véase, por ejemplo Djerassi y Hoffmann, 2003), entra en esa categoría. ☺

### BIBLIOGRAFÍA

- DIERASSI, C., 2001. *La Píldora de este hombre: Reflexiones en torno al 50 aniversario de la píldora*. Fondo de Cultura Económica. México, DF.
- DIERASSI, C., 2002. *Inmaculada concepción furtiva: El sexo en la era de la reproducción mecánica*. Fondo de Cultura Económica. México, DF.
- DIERASSI, C., 2003. *NO*. Fondo de Cultura Económica. México, DF.
- DIERASSI, C., 2010. *Cuatro Judíos en el Parnaso—Una Conversación*. Capital Intelectual, Buenos Aires.
- DIERASSI, C., y HOFFMANN, R., 2003. *Oxígeno*. Fondo de Cultura Económica. México, DF.
- ZEHLEIN, E.-S., 2009. *Science: Dramatic. Science Plays in America and Great Britain, 1990 – 2007*. Universitätsverlag Winter. Heidelberg.

Carl Djerassi. Profesor emérito de Química en la Universidad de Stanford.

# Mirada Calviana



Carmen Calvo. En lo alto de mis sueños, 2011. Técnica mixta, 24 x 32 cm.





# Suscríbete a Mètode

y recibirás gratis tres anuarios y una camiseta exclusiva

Si te suscribes ahora a MÈTODE, recibirás los últimos tres anuarios de la revista. Tres completas publicaciones que recogen los monográficos de MÈTODE publicados durante los últimos años. Las relaciones entre ciencia y religión, la visión cultural y ambiental del paisaje, el uso de la ciencia en la publicidad, la figura de Darwin y sus facetas científicas menos conocidas, la maternidad o los miedos ante los avances científicos son solo algunos de los temas que podrás encontrar en estos tres anuarios, además de entrevistas, reportajes e interesantes documentos.

**Aprovecha esta oferta y suscríbete a MÈTODE, la revista de divulgación de la ciencia más premiada.**

## BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN

QUIERO SUSCRIBIRME A MÈTODE DURANTE UN AÑO.

Precio de la suscripción (4 números):

25€ para España, 40€ para el extranjero.

### FORMA DE PAGO:

**Recibo domiciliado en mi cuenta corriente** (20 dígitos)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(LA RENOVACIÓN, SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, SERÁ AUTOMÁTICA)

### REGALO DE SUSCRIPCIÓN:

**Anuario 2008, 2009 y 2010 de MÈTODE y una camiseta.**

Indica la talla de la camiseta: S  M  L  XL

[www.revistametode.com](http://www.revistametode.com)

Nombre y apellidos (nombre fiscal)

DNI

Teléfono

Domicilio

Código Postal

Población

Correo electrónico

FECHA Y FIRMA: