

Los laboratorios químicos, estancias sagradas

Santiago Álvarez

Resumen: Las obras de arte de diversas épocas, los libros de química clásicos, y las descripciones literarias de los laboratorios químicos, nos permiten una aproximación a la iconografía y a la historia de esas estancias sagradas, tal como los denominó Pasteur.

Palabras clave: Laboratorios químicos, iconografía, Química y Arte, Química y Literatura.

Abstract: Artworks of different ages, classical chemistry books, and literary descriptions of chemical laboratories, provide us with interesting materials to outline the iconography and the history of those sacred chambers, as Pasteur called them.

Keywords: Chemical laboratories, iconography, Art and Chemistry, Chemistry and Literature.

Introducción

Fuera de sus laboratorios, el físico y el químico son como soldados desarmados en el campo de batalla.^a

Louis Pasteur, *Le budget de la science*, 1868¹

Louis Pasteur nos da una atinada definición de la relación especial que existe entre un químico y su laboratorio. Como él, otros autores a través de libros o de obras de arte reflejan dos visiones más complejas del laboratorio químico que predominan en el imaginario colectivo. Una es la de un habitáculo con mobiliario especializado, recipientes de vidrio con burbujeantes líquidos de colores, personas con bata blanca, todo reluciente y bien iluminado. La segunda es una visión casi apocalíptica de un espacio en penumbra, lleno de humos, con crisoles y herramientas metálicas esparcidos por el suelo, y hornos y hogueras en los que se calientan grandes alambiques de barro o de metal. Ambas visiones nos proporcionarán datos útiles para entender qué es un laboratorio y cómo ha evolucionado a lo largo de los siglos. En este artículo se plantean preguntas como: ¿Cuándo aparecen las primeras estancias equipadas específicamente para la realización de experimentos químicos? ¿Cómo eran realmente los laboratorios de los alquimistas y de los primeros químicos modernos? ¿Cuáles han sido los laboratorios más importantes en la Historia de la

Química? Para intentar darles respuesta tenemos a mano tres tipos de fuentes. Por un lado, las monografías sobre el tema o sobre aspectos más generales de la química que hablan –o muestran imágenes– de laboratorios. Por otro lado, las pinturas y grabados diseminados por museos y colecciones de arte de todo el mundo, que ilustran, sobre todo, los laboratorios de los alquimistas. Por último, podemos recuperar descripciones de laboratorios en diversas obras literarias que, a pesar de pertenecer al mundo de la ficción, están inspiradas en laboratorios reales o en la iconografía dominante en el momento. Empecemos por la perspectiva de los artistas.

Perspectiva artística de los laboratorios alquímicos

...un reducto sombrío y apenas iluminado.

Se veían... todos los desechos de la ciencia y, cubriendo todo ese galimatías, polvo y telarañas...^b

Victor Hugo, *Notre Dame de Paris*, 1860

Si bien la utilización de reacciones químicas para la obtención de, por ejemplo, metales era conocida desde antiguo por las culturas egipcia y mesopotámica, las imágenes de que disponemos son escasas y, en general, no muestran recintos semejantes a lo que hoy llamamos laboratorios. Como ilustración, véase a los operarios egipcios que funden y pesan oro (Figura 1) en un lugar indeterminado, completamente descontextualizado. Por ello, a partir de ahora, cuando hable de alquimia o de alquimistas me referiré implícitamente sólo a la actividad desarrollada a partir de la edad media en el continente europeo.



Figura 1. Idealización de un obrador del antiguo Egipto, posiblemente una ceca, en el que se funde oro y se pesa en una balanza (2500 aC).

^a Hors de leurs laboratoires, le physicien et le chimiste sont des soldats sans armes sur le champ de bataille.



S. Álvarez

Departament de Química Inorgànica, Institut de Química Teòrica i Computacional, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona.

C-e: santiago@qi.ub.es

Recibido: 26/10/2010. Aceptado: 17/02/2011.

^b ...un réduit sombre et à peine éclairé. Il y avait... toutes les ordures de la science, et partout sur ce fouillis de la poussière et des toiles d'araignées.



Figura 2. El alquimista, grabado de Hans Weiditz, datado en 1520.

Los laboratorios de los alquimistas forman parte de la memoria gráfica de la cultura occidental. Pintores de renombre como Pieter Brueghel el Viejo, David Teniers o Jan Steen recrearon en algunas de sus obras los personajes y ambientes de esos laboratorios.² Un primer ejemplo es un grabado de Hans Weiditz (Figura 2) datado hacia 1520. En él podemos ver unos operarios ocupados en la transmutación de metales, en un recinto más parecido a una fragua que a los actuales laboratorios. Este grabado también nos muestra un aspecto característico en las obras de arte sobre alquimistas: el caos imperante en sus obradores. Otros elementos comunes en dichas representaciones son los atadores u hornillos, alambiques, morteros y útiles para hacer y atizar el fuego. El grabado de Weiditz, no obstante, no es del todo representativo de las imágenes más comunes de laboratorios alquímicos, en las que vemos a menudo globos terráqueos, libros y relojes de arena (éstos a partir de su invención en el siglo XIV), y algún pez o lagarto disecado.³

Los espacios pictóricos en que los alquimistas realizan sus tareas parecen habitaciones normales, con un mobiliario nada especializado. En algún caso, se pueden ver incluso alquimistas operando al aire libre, como en el *Examen fucorum pseudo-chymicorum* de Michael Maier (1417). Shapin ha documentado cómo los ensayos experimentales se hacían en la Inglaterra del siglo XVII en lugares tan diversos como farmacias, talleres de artesanos, residencias privadas o sótanos de museos.⁴ Por tanto, es probable que la química al aire libre fuese tan solo una licencia artística que perseguía situar el alquimista en su paisaje. En los laboratorios, el alquimista acostumbra a aparecer en primer plano, frecuentemente consultando uno o varios libros, mientras que en un segundo plano puede haber diversos operarios que mantienen el fuego y vigilan las destilaciones.

Debe evitarse, sin embargo, tomar estas imágenes como representaciones fidedignas de los laboratorios en los que realmente trabajaban los alquimistas. Son más bien una plasmación del cliché atribuido por el imaginario popular a la figura del alquimista loco, imagen que debía atraer a los posibles compradores de cuadros. En un interesante estudio sobre la iconografía de los laboratorios, por ejemplo, Hill⁵ sostiene que el grabado de Weiditz (Figura 2) pretendía ofrecer una imagen que diera cuerpo a la idea popular de un



Figura 3. Recreación de un laboratorio químico en *Artes y Ciencia: Arquitectura y Química* (detalle) de François Boucher (1750-1752). Reproducido con autorización, © The Frick Collection.

alquimista trabajando con un horno, y no encontró ningún modelo más adecuado que un taller metalúrgico de Augsburgo. Lógicamente, tuvo buen cuidado de añadir material de laboratorio bien conocido en aquella época, como crisoles, matraces y alambiques. David Teniers el Joven, por su parte, pintó a mediados del siglo XVII más de veinte cuadros sobre alquimistas, en los que combinaba los mismos elementos, lo que Hill atribuye a su deseo de satisfacer la demanda del mercado. Según van Lennep, la descripción que Victor Hugo hace del laboratorio del alquimista Claude Frollo en la novela *Nôtre Dame de Paris*, podría haberse inspirado en los cuadros de Teniers.⁶ Otra descripción literaria se puede encontrar en la novela *Kenilworth* de Walter Scott:⁷

La luz proporcionada por el combustible al rojo y por una lámpara suspendida de una cadena de hierro, permitía ver que, además de un yunque, fuelles, pinzas, martillos, una cantidad de herraduras y otros objetos propios del oficio de herrador; había también estufas, alambiques, crisoles, retortas y otros instrumentos de la alquimia.^c

La atmósfera de los laboratorios pintados por Teniers se puede encontrar un siglo más tarde (ca. 1750) en el cuadro *Arquitectura y Química*, de la serie *Artes y ciencias* del pintor rococó francés François Boucher, que se exhibe en la Frick Collection de Nueva York (Figura 3). Éste substituyó el viejo alquimista por un niño, y el aspecto venerable y reposado por un gesto de sorpresa semejante al que plasmaron Van Bentum (ca. 1700) y Heerschop (1687) en sus pinturas de accidentes de laboratorio.

^c The light afforded by the red fuel, and by a lamp suspended in an iron chain, served to shew that, besides an anvil, bellows, tongs, hammers, a quantity of ready-made horseshoes, and other articles proper to the profession of a farrier, there were also stoves, alembics, crucibles, retorts, and other instruments of alchemy.

Los laboratorios alquímicos en los libros

*Alasco apenas había comido o bebido...
viviendo perpetuamente encerrado en el laboratorio,
y hablando como si el destino del mundo
dependera de lo que hacía allí.^d*

Walter Scott, *Kenilworth*, 1821

Las imágenes de laboratorios que encontramos en los libros de alquimia se pueden considerar representaciones más fidedignas de las actividades herméticas. No ha de olvidarse, sin embargo, que en la alquimia se confunden el estudio experimental con los objetivos espirituales, por lo que debemos pensar que algunos de los elementos representados pueden cumplir una función alegórica. Aún así, en diversas láminas del *Mutus liber* (libro mudo, o sin palabras) publicado por Altus en 1677, se pueden identificar claramente trabajadores realizando operaciones químicas: preparar disoluciones, controlar diversas fases de una destilación, pesar sustancias, o preparar mezclas.^e

La balanza es uno de los elementos que evidencia un fuerte contraste entre las imágenes de los artistas y las de los libros. Dicho instrumento, paradigma del carácter cuantitativo de la ciencia, es muy común en las ilustraciones de los libros alquímicos. Como ejemplos se pueden citar el ya mencionado *Mutus liber*, *De Re Metallica* de Agricola,⁹ *Les douze clefs de la philosophie* de Basilio Valentin,¹⁰ *Elementa Chemiae* de Barchusen¹¹ o el *Theatrum chymicum britannicum* de Elias Ashmole.¹² En cambio, entre las numerosas pinturas de alquimistas analizadas, sólo he podido identificar dos casos en que aparezca ese instrumento. En uno de ellos, el cuadro titulado *El Químico*, pintado por Cornelis Bega a mediados del siglo XVII, un alquimista sostiene en la mano derecha una delicada balanza, y en la otra mano un producto rojo. El otro ejemplo es el conocido cuadro de Pieter Brueghel, reproducido a menudo en un grabado de Phillips Galle (1558), en el que aparece una balanza dejada descuidadamente sobre una banqueta.

Otros dos elementos singulares aparecen en algunas representaciones de los laboratorios alquímicos. Uno es un espacio acondicionado como oratorio, reflejo de la íntima conexión entre los aspectos espiritual y material de las operaciones alquímicas. El otro elemento, que simboliza en algunos casos la vertiente espiritual de las tareas herméticas, es la presencia de instrumentos musicales.¹³ Ambos aspectos aparecen combinados en una espléndida lámina del libro de Khunrath, publicado en 1602.¹⁴ Ese carácter sacro de los laboratorios sería utilizado metafóricamente por Pasteur dos siglos más tarde en un alegato a favor de la financiación pública de laboratorios en Francia:

*Interesaos, os conjuro, por estas estancias sagradas que
designamos con el nombre expresivo de laboratorios.
Pedid que se multipliquen y se equipen: ellos son los templos
del futuro, de la riqueza y del bienestar. Es en ellos que la*

^d Alasco had scarce eaten or drunken... living perpetually shut up in the laboratory, and talking as if the world's continuance depended on what he was doing there.

^e Reproducido por Klossowski De Rola,⁸ p. 266.

humanidad se engrandece, se fortalece y mejora. Allí aprende a leer en las obras de la naturaleza, obras de progreso y de armonía universal, mientras que las obras humanas se caracterizan a menudo por la barbarie, el fanatismo y la destrucción.^f

Los alquimistas son herederos de oficios más antiguos que trabajaban con materiales e instrumental semejantes, y realizaban diversas operaciones químicas. En la Casa de los Vetti, en Pompeya, se encuentran en las paredes numerosos frescos realizados antes de la erupción del Vesubio, el año 79. Entre ellas podemos ver tres frisos en los que aparecen querubines preparando y probando vinos, haciendo extractos, aceites y esencias perfumadas, y acuñando monedas en una ceca. Entre los elementos que reencontraremos siglos más tarde en los laboratorios alquímicos se encuentran un yunque, un horno, un fuelle, balanzas y recipientes de variadas formas y medidas. También en los históricos tratados de metalurgia, *De Pirotechnia*, de Biringuccio Vannoccio (1540) y *De Re Metallica* de Agricola (1556), se pueden ver espacios para operaciones metalúrgicas, que presentan claras analogías con los laboratorios posteriores. Tal vez, una diferencia es que en los primeros se aprecian menos precauciones (es decir, ninguna) en lo que se refiere a la evacuación de humos. En este sentido, la evolución hasta los laboratorios actuales con sus sofisticadas vitrinas es notoria. El precio que pagaremos a cambio es un menguado número de vocaciones químicas, si nos atenemos a los recuerdos de Juan Julio Bonet.¹⁵

Entré en el edificio y entonces, repentinamente, se produjo el extraordinario fenómeno: ¡oh! los laboratorios!, ¡el olor de la química!, y al instante comprendí que mi verdadera vocación era aquella.

El laboratorio deviene un espacio especializado

Poco a poco don Alfredo fue haciéndose de un laboratorio importante con aparatos nuevos, relojes extraordinarios, máquinas de pesar lo imponderable y mucho vidrio en rosquillas, espirales, retortas y toda esta teratología de pequeños monstruos transparentes que complican los laboratorios.

Ramón Gómez de la Serna, *El dueño del átomo*, 1926

Sería muy osado establecer en estas notas cuáles fueron los primeros laboratorios, así que me conformaré con presentar un esbozo de cronología (Tabla 1). Tenemos referencias de la creación de un laboratorio en Königgrätz por Wenzel von Troppau en 1476, de otro por el rey James IV de Escocia en 1501, instalado en el castillo de Stirling bajo el asesoramiento del médico y alquimista John Damian,¹⁶ y de un tercero en 1578 por el rey Rodolfo II en el barrio de Hradschin (Praga), en el que trabajaron los alquimistas John Dee, Michael Maier y Michael Sendivogius. No obstante, podemos considerar que uno de los primeros espacios concebidos para su uso como

^f Prenez intérêt, je vous en conjure, a ces demeures sacrées que l'on désigne du nom expressif de *laboratoires*. Demandez qu'on les multiplie et qu'on les orne : ce sont les temples de l'avenir, de la richesse et du bien-être. C'est là que l'humanité grandit, se fortifie et devient meilleure. Elle y apprend à lire dans les oeuvres de la nature, oeuvres de progrès et d'harmonie universelle, tandis que ses oeuvres à elle sont trop souvent celles de la barbarie, du fanatisme et de la destruction.¹

laboratorio es el que diseñó e hizo construir alrededor de 1598 el astrónomo danés Tycho Brahe, llamado Uraniborg. De hecho, era un observatorio astronómico que disponía de un recinto dedicado a laboratorio químico. Un contemporáneo suyo, Andreas Libavius, diseñó también un laboratorio que no se llegó a construir.^{17,18}

Paradójicamente, bien poco se sabe del laboratorio del que se conserva más material, construido presuntamente en 1548 en el castillo de Oberstockstall, cerca de Viena. Éste habría estado a cargo de Christoph von Trenbach, vicario de Kirchberg, y fue supuestamente destruido en 1590 por un terremoto. Una gran cantidad de utensilios de este laboratorio se descubrieron en 1980, enterrados bajo la sacristía del castillo, y han sido sometidos a numerosos estudios arqueológicos.¹⁹ Desgraciadamente, del laboratorio que contenía todo ese material no se ha encontrado ninguna referencia histórica, y los datos que aquí se recogen son de momento sólo hipótesis razonables.

A lo largo del siglo XVII, se establecieron diversos laboratorios en Europa.¹⁸ Johannes Hartmann ocupó la primera cátedra de Química, creada en Marburg el año 1609, donde instaló el primer laboratorio docente en 1615, para el cual escribió la *Praxis Chymiatrica* que se publicó al cabo de unos años.²⁰ Un testimonio gráfico de otro laboratorio docente puede encontrarse en una lámina de un libro de Annibal Barlet,²¹ de largo título: *El verdadero y metódico curso de la física resolutive, vulgarmente llamada Chymica. Representado por Figuras generales y particulares, para conocer la teotecnia ergocósmica, es decir, el arte de Dios en la obra del universo.*⁸ En él, una lámina titulada “Apertura del curso” muestra un grupo de discípulos en un laboratorio atendiendo las explicaciones del profesor. Poco más tarde, la Academia de Ciencias de París puso en marcha un laboratorio y Johann Hofmann otro en la Universidad de Altdorf (Tabla 1). Georges Starkey, químico norteamericano, estableció varios laboratorios en Londres, mientras que Robert Boyle empleó para sus experimentos el laboratorio del boticario John Cross, en Oxford, ciudad en la que también se fundó en 1683 el famoso laboratorio que aún se encuentra en el sótano del Ashmolean Museum.

En la segunda mitad del siglo XVII, podemos anotar el laboratorio instalado por el Conde de Saint-Germain, reconocido alquimista, en un espacio cedido por el rey Luis XVI en el castillo de Chambord. Por la misma época, la Marquesa de Urfé tenía en París un laboratorio privado en el que decía haber obtenido la piedra filosofal, y ejercitaba sus conocimientos químicos, como el ataque por agua regia del platino insoluble en ácidos fuertes. De este laboratorio tenemos constancia gracias a las memorias del seductor Giacomo Casanova.²² Lavoisier realizó sus investigaciones en el laboratorio del Arsenal de París, que financió él mismo,²³ y Berthollet siguió su ejemplo, instalando un laboratorio en Arcueil, en las afueras de París, donde se reunían científicos del calibre de Laplace, Gay-Lussac, von Humboldt, Thénard y Chaptal.²⁴

Con la proliferación de laboratorios surgen de forma natural guías dedicadas a establecer criterios para su diseño racional. Por ejemplo, Pierre-Joseph Macquer incorporaba a su diccionario de química²⁵ un apartado para la palabra “laborato-

⁸ Le vray et méthodique cours de la physique resolutive, vulgairement dite Chymie. Représenté par Figures generales et particulieres, pour connoistre la theotechnie ergocosmique, c'est à dire, l'art de Dieu en l'ouvrage de l'univers.

Tabla 1. Fechas de creación de algunos laboratorios históricos.

Año	Institución o ciudad	Responsable
1476	Königgrätz	Wenzel von Troppau
1501	Castillo de Stirling, Escocia	John Damian
1548	Oberstockstall (cerca de Viena)	Christoph von Trenbach
~1585	Hradschin, Praga	John Dee, Michael Maier
1598	Uraniborg	Tycho Brahe
1607	Castillo de Krzepice, Polonia	Michael Sendivogius
1615	Marburg	Johannes Hartmann
1660	Amsterdam	Johann- Rudolf Glauber
1668	Academie des Sciences, París	Samuel Duclos
1683	Altdorf	Johann Moritz Hofmann
	Laboratorium Chymicum Holmiense, Estocolmo	Urban Hjaerne
1748	San Petersburgo	Mijaíl Vasilievich Lomonosov
~1749	Glasgow	John Cullen
1758	Castillo de Chambord	Conde de Saint-Germain
1763	Schemnitz	Nikolaus Joseph von Jacquin
1775	Arsenal, París	Antoine Laurent Lavoisier
1778	Laboratorio del Real Seminario de Vergara	Joseph Louis Proust, Hermanos Delhuyar
1780	París	Marquesa de Urfé
1787	Real Laboratorio de Química, Madrid	Pedro Gutiérrez Bueno
1794	École Polytechnique, París	Jacques-Elie Lamblardie
1801	Royal Institution, Londres	Humphry Davy
1806	Göttingen	Johann Friedrich Stromeyer
	Arcueil (cerca de París)	Claude Louis Berthollet
1807	Landshut	Johann Nepomuk Fuchs
	Edinburgh	Thomas Thomson
1812	Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro	Francisco Vieira Goulart
1820	Jena	Johann Döbereiner
	Wroclaw	Nicolaus Wolfgang Fischer
	Basilea	Peter Merian
~1826	Rensselaer Polytechnic Institute, Troy (NY)	Amos Eaton
1827	Giessen	Justus von Liebig
1829	Londres	Edward Turner
1846	Royal College of Chemistry, Londres	August Wilhelm von Hofmann
1863	Musée d'histoire naturelle, París	Edmond Frémy
1871	Newark, New Jersey	Thomas Alva Edison

rio”, veinte años antes de que Lavoisier estableciese la nomenclatura química y publicase su *Traité élémentaire de chimie*. En ese artículo, Macquer daba una serie de orientaciones sobre aspectos generales de diseño, como la conveniencia de que el laboratorio esté situado en una planta baja o en un piso más elevado para favorecer la ventilación, o la necesidad de disponer de una chimenea amplia en la cual colocar los hornos. También llamaba la atención sobre la necesidad de tener una fuente de agua y una pica con su desagüe. Dada la importancia del carbón como fuente de calor, preveía un almacén próximo al laboratorio en el que poder disponer de provisiones del combustible, así como otros “trastos”: hornos, ladrillos, arcilla, cal o arena. En cuanto al mobiliario, decía Macquer que debe haber una gran mesa central en la que realizar las mezclas, disoluciones, precipitaciones y pequeñas filtraciones; “en una palabra, todo aquello que no requiera la ayuda del fuego”. Entre el mobiliario del laboratorio debe haber –decía– una tabla mediana para sostener una piedra de pórfido para moler.

No descuidaba Macquer el utillaje que debe equipar el laboratorio, como pilones para colocar morteros, tamices, un yunque, caballetes portátiles para sostener un gran filtro, pequeños morteros de mármol, vidrio y hierro, recipientes de metal, vidrio y gres, papel blanco para escribir y papel sin almidón para filtrar, pajitas de ocho a diez pulgadas de longitud para revolver las mezclas y para sostener los filtros de papel, tubos de vidrio para agitar los licores corrosivos, espátulas de madera, marfil, metal y vidrio, tapones de corcho de todas las medidas, un bote con cola y un pincel, cajas de diferentes medidas... Por último, enumeraba una serie de reactivos y se entretenía en detalles domésticos, como la conveniencia de disponer de un gran número de estantes para la gran cantidad de recipientes de vidrio que se utilizan en la *Chymica*, o la presencia de clavos en las paredes para colgar pinzas, tenazas y todo tipo de útiles para la manipulación del carbón y de los crisoles. Estas instrucciones las siguieron al pie de la letra un siglo más tarde Gerhard y Chancel, como puede verse en la imagen que ilustra sus instrucciones sobre cómo debe ser un laboratorio (Figura 4).²⁶

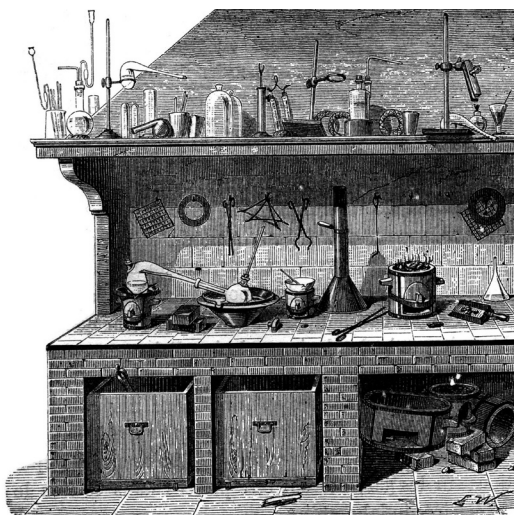


Figura 4. Imagen de un laboratorio reproducida por Gerhard y Chancel (1862).

Podemos establecer dos comparaciones entre las indicaciones de Macquer y las representaciones de los laboratorios alquímicos que hemos comentado hace poco. Por una parte, destaca su insistencia en que el orden y la limpieza son esenciales en un laboratorio, así como en la necesidad de que todos los reactivos y los productos de las *operaciones* estén bien etiquetados y anotados en un registro. Es posible que Macquer intentase luchar contra la imagen extendida de desorden y suciedad que se asociaba a los laboratorios alquímicos. Por otro lado, en muchas de las representaciones de éstos se pueden ver esparcidos los elementos necesarios para la generación y mantenimiento del fuego, como trozos de madera o carbón, pinzas, sopladores y palas.^{8,14} Por ello, no nos debe extrañar que Macquer insistiese en prever un almacén para la leña y el carbón, y otros medios para evitar que estos útiles acabasen desperdigados por todo el laboratorio.

Otro manual histórico de diseño de laboratorios se debe a la pluma de Michael Faraday.²⁷ Su libro está dividido en veinticuatro secciones. La primera está dedicada al laboratorio, las siguientes veintidós a las diversas operaciones de laboratorio y al material necesario para llevarlas a cabo, mientras que la última es un curso de 326 prácticas organizadas según la misma secuencia que los apartados de las secciones anteriores. La sección dedicada al laboratorio presenta muchas analogías con las indicaciones de Macquer. Faraday razona sobre el tamaño que debe tener el laboratorio, la conveniencia de situarlo en un sótano o en una planta baja, la ventilación, la iluminación, la ubicación del horno, las mesas, las picas y la provisión de agua, las estanterías y los soportes, los pedestales para morteros y yunques, los medios para encender el fuego, la sala de balanzas, el almacén, el material de laboratorio y las herramientas, así como la conveniencia de disponer de un espacio en el que el diario de laboratorio esté siempre a punto para anotar las observaciones al momento. Tanto Guyton de Morveau²⁸ como Faraday se ocupaban también de la forma de disponer de agua destilada. El primero sugería la utilización de agua de lluvia recogida de un tejado previamente lavado, sometida a filtración, tratada con barita para eliminar los sulfatos, y finalmente destilada. Faraday,²⁷ por su parte, proponía aprovechar el vapor generado en instalaciones industriales para obtener agua destilada.

Con tan precisas instrucciones no es de extrañar que ya a finales del siglo XIX el aspecto de un laboratorio químico fuera tan impecable como el que se muestra en la Figura 5.²⁹ En él los elementos predominantes son los hornos, las chimeneas y el material de vidrio. Obsérvense los grandes ventanales que proporcionan una gran claridad, tal como había propuesto Faraday. Ventanales amplios como éstos son comunes en imágenes de otros laboratorios del siglo XIX y anteriores, aunque también encontramos en algunos casos una iluminación cenital proporcionada por amplios lucernarios, como en el diseño de un laboratorio que se muestra en el *Chemical Catechism* de Parkes (1822), en el laboratorio de química del University College de Londres (ca. 1869) y en el de química general del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) de 1889. Haciendo un salto en el tiempo, recomiendo una visita virtual al laboratorio de Bioquímica de la Oxford University, diseñado por los arquitectos Hawkins y Brown,³⁰ en el que se manifiestan las mejores tendencias actuales en el diseño de laboratorios, organizados alrededor de un atrio luminoso provisto de espacios de descanso y encuentro.

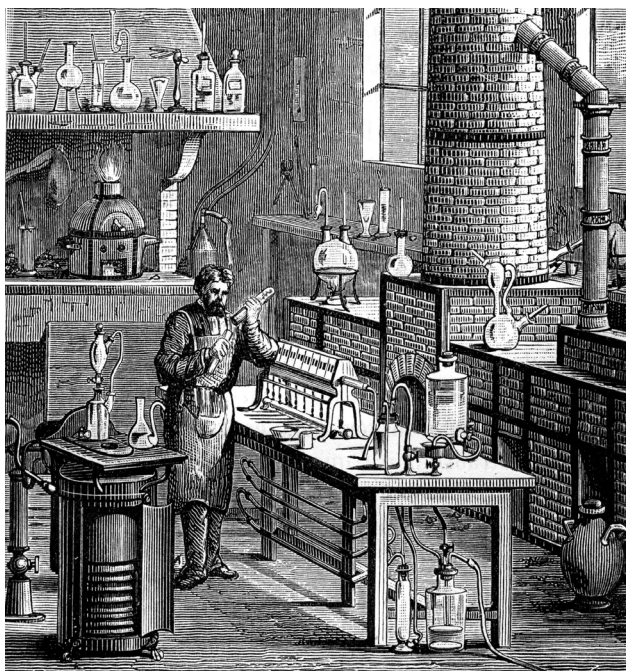


Figura 5. Ilustración de un laboratorio químico recogida en un libro publicado en 1873.²⁹ Compárese el orden imperante en este laboratorio con el caos del de la Figura 2.

Laboratorios históricos del siglo XIX

El rudimentario laboratorio –sin contar una profusión de cazuelas, embudos, retortas, filtros y coladores– estaba compuesto por un atañor primitivo, una probeta de cristal de cuello largo y angosto, imitación del huevo filosófico, y con un destilador construido por los propios gitanos según las descripciones modernas del alambique de tres brazos de María la Judía.

Gabriel García Márquez, *Cien años de soledad*, 1967.

En los albores del siglo XIX, la Royal Institution de Londres puso a punto un laboratorio (Figura 6) en el que Humphry Davy descubrió un puñado de elementos mediante técnicas electrolíticas. Según Peter Day, *aparte del Lawrence Berkeley Laboratory bajo la dirección de Glenn Seaborg, no hay otro edificio en todo el planeta que haya presenciado el aislamiento de tantos elementos químicos como el de Albemarle Street 21 bajo Humphry Davy*.³¹ La importancia histórica de este laboratorio se vería luego acrecentada por los descubrimientos sobre magnetismo y electricidad realizados allí por Faraday.

Aunque hemos dicho ya que Johannes Hartmann instaló el primer laboratorio docente en 1615, en Marburg, es a finales del siglo XVIII y principios del XIX que se acentúa la importancia de este tipo de laboratorios. Los más conocidos, por orden cronológico, son los de Mijail Vasilievich Lomonosov en San Petersburgo, Nikolaus Joseph von Jacquin en la Escuela de Minas de Schemnitz (perteneciente entonces a Hungría, ahora Banská Štiavnica, Eslovaquia), de Louis Clouet en la École du Génie Militaire de Mézières, el de la École Polytechnique de París bajo la dirección de Jacques-Elie Lamblardie, y el de

Friedrich Stromeyer en Göttingen.³² Por encima de todos, el laboratorio docente más influyente en la Europa del siglo XIX fue el establecido por Justus von Liebig en Giessen, contemporáneo del de Amos Eaton en el Rensselaer Polytechnic Institute, en el estado de Nueva York.³³ Liebig, después de una estancia en París con Gay-Lussac, fue nombrado en 1824 profesor extraordinario de química de la Universidad de Giessen, a los veintidós años. Sólo dos años más tarde abrió un instituto para la formación práctica de farmacéuticos y químicos. Pensado inicialmente para la formación práctica de sus alumnos, en él se fueron gradualmente compaginando tareas docentes y de investigación. Liebig proponía a los alumnos más destacados pequeños proyectos de investigación que algunos llegaron a publicar.

Gracias a su creciente prestigio internacional, el laboratorio de Liebig fue ampliado en 1839 para poder acoger cerca de cincuenta estudiantes cada año durante la década de 1840. Durante los veintiocho años que Liebig dirigió ese laboratorio se formaron más de setecientos estudiantes, procedentes de todo el mundo.³⁴ Algunos de ellos se acabarían convirtiendo en protagonistas del desarrollo de la química, como Carl W. Fresenius, Hermann von Fehling, Emil Erlenmeyer, August Kekulé, Nikolaus Zinin, August W. Hofmann, Charles A. Wurtz y Carls Schmidt. La imagen más conocida de ese laboratorio^{5,35} nos muestra algunos de sus discípulos, con levita y sombrero, realizando diversos experimentos. Si bien no se ve una atmósfera cargada ni un ambiente tan caótico como en los laboratorios de los alquimistas, llama la atención la presencia de papeles y diversos objetos esparcidos por el suelo.

En 1863, Edmond Frémy, discípulo de Gay-Lussac y de Pelouze, fundó un laboratorio químico en el *Muséum d'histoire naturelle* de París, destinado a dar formación práctica durante tres años, sin enseñanzas teóricas. Por él pasaron más de 1.400 estudiantes en casi treinta años,³⁶ entre los que destaca Henri Moissan, que obtendría el premio Nobel en 1906 por el descubrimiento del flúor y por la introducción del horno eléctrico que lleva su nombre. En ese laboratorio (Figura 7) podemos observar algunas características que lo diferencian de los actuales. Por ejemplo, las sillas parecen ser las mismas que podían tener en el comedor de casa, antes que asientos pensados para el laboratorio. Por otra parte, las mesas de laboratorio no son ergonómicas, ya que no dejan sitio para las piernas y obligan a los laborantes a sentarse de lado. Para la iluminación hay velas que cuelgan del techo, a falta de instalación eléctrica, ya que los primeros

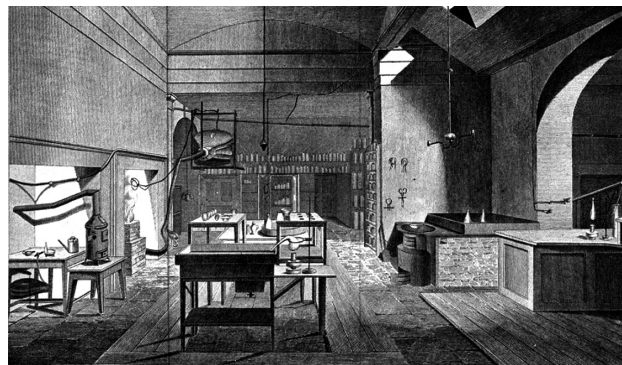


Figura 6. Laboratorio de la Royal Institution, representado en *Manual of Chemistry* de William T. Brande (1819).



Figura 7. Edmond Frémy (al centro) en su laboratorio de docencia del Museo de Historia Natural de París.³⁹

sistemas de alumbrado público se instalaron en ciudades como París tan solo a finales de la década de 1870, y las primeras centrales para el alumbrado doméstico aproximadamente a partir de 1882.³⁷ Al fondo, a la izquierda, se puede adivinar un conducto para la evacuación de humos. También podemos observar que aun no se usaban gafas de seguridad, a pesar de que hay precedentes muy anteriores de su uso, por ejemplo en una lámina del *Traicté de la Chymie* de Le Fèvre (1663),³⁸ o en el laboratorio portátil de Becher que se comentará luego (Figura 8).

Frémy plasmó su interés por el diseño de laboratorios como coordinador de un fascículo de la *Encyclopédie chimique*, publicado después en forma de libro.³⁹ Esa obra dedicaba varios apartados a discutir los principios que debían observarse para establecer un laboratorio químico, así como consideraciones sobre reactivos, aparatos y utensilios. Presentaba, además, varios laboratorios franceses (École des Mines, Aix-La-Chapelle, École Supérieure de Pharmacie y École de Chimie de Mulhouse) y europeos (Budapest, Bonn, Berlín, Leipzig, Viena, Gratz, Munich y Ginebra), acompañados de fotografías y planos. El laboratorio del museo se cerró a finales de 1891, pero el vacío que dejó lo ocupó al poco tiempo el *Laboratoire de Chimie Pratique et Industrielle*, bajo la dirección de Charles Friedel, discípulo de Wurtz y de Liebig. A diferencia de Frémy, Friedel ofrecía formación práctica y teórica a un tiempo, aunque siempre orientada al trabajo en laboratorios, ya sea industriales, académicos o institucionales. A Friedel lo sucedió Moissan en 1899, y el laboratorio pasó a llamarse *Institut de Chimie Appliquée* dos años más tarde, convirtiéndose en 1948 en la *École Nationale Supérieure de Chimie de Paris*.

Completemos este muestrario de laboratorios históricos recordando la figura de Thomas Alva Edison (1847-1931).⁴⁰ Este prolífico inventor norteamericano es considerado como el creador del primer gran laboratorio industrial dedicado a la investigación aplicada. De hecho, Edison creó diversos laboratorios a lo largo de su vida, todos ellos con una parte nada despreciable dedicada a la química. El primero lo estableció en Newark, estado de New Jersey, en 1871, con el dinero obtenido por su primer invento exitoso. Poco más tarde, en 1876, inauguró otro laboratorio en Menlo Park, en el mismo estado, conocido como “la fábrica de inventos”. Es éste el que se considera como una referencia para los grandes laboratorios industriales posteriores, y en él se desarrollaron la primera bombilla incandescente y las redes urbanas de distribución de electricidad. Todavía construyó un tercer centro de investigación más grande en West Orange, estado de New Jersey (1887), formado por cinco edifi-

cios. El edificio principal disponía de una biblioteca, una planta eléctrica, talleres mecánicos y almacenes, mientras que tres de los cuatro edificios más pequeños estaban destinados a laboratorios de física, química y metalurgia. Allí trabajó Edison hasta su muerte, ayudado por un equipo que llegó a contar con diez mil personas durante la primera guerra mundial.

Il laboratorio è mobile

De vuelta a mi triste habitación de estudiante del Quartier Latin, me puse a rebuscar en mi baúl y saqué de su escondite seis crisoles de fina porcelana que había tenido la precaución de comprar, pagándolo con los fondos para mi mantenimiento. Unas pinzas y un paquete de azufre puro completaban los pertrechos del laboratorio^h.

August Strindberg, *Inferno*, 1898

A pesar de las ventajas de un laboratorio bien diseñado y equipado, su inmovilidad resultaba en algunos casos una limitación excesiva. Nacieron así los laboratorios portátiles. El primero fue posiblemente el propuesto en *Tripus hermeticus fatidicus* por Becher (Figura 8),⁴¹ quien compaginaba la esperanza de conseguir la transmutación de los metales con el desarrollo de aplicaciones más realistas como la producción de medicinas, porcelana, jabón y otros productos químicos como la potasa y el salitre. En el catálogo de material de este laboratorio encontramos, entre otros útiles comunes en los laboratorios actuales, objetos que llaman la atención: una pata de liebre (28); una máscara para proteger los ojos (29), claro precedente de las actuales gafas de seguridad; un huevo de filósofo, o recipiente para sublimaciones (51); una vejiga de cerdo (60), pipas, tabaco, velas y un reloj de arena (64).

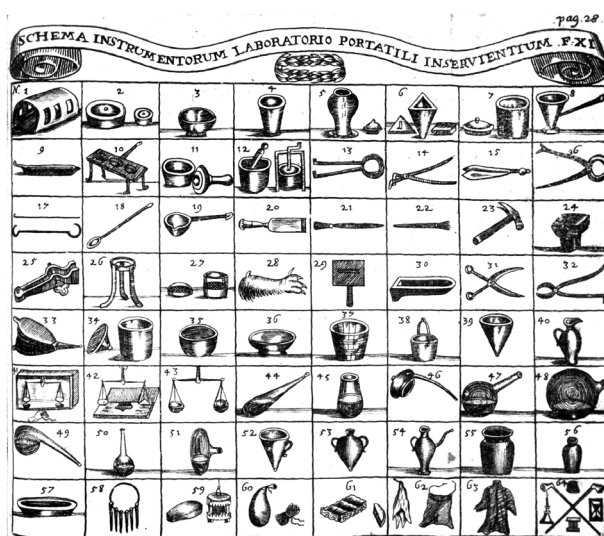


Figura 8. *Laboratorium portatile* de Becher, 1689.

^h De retour dans ma méchante chambre d'étudiant au Quartier Latin, je fouillai mon coffre-fort, et tirai de leur cachette six creusets en porcelaine fine que j'avais pris soin d'acheter en prélevant de l'argent sur mes resources. Une pince et un paquet de soufre pur achevaient l'installation du laboratoire.

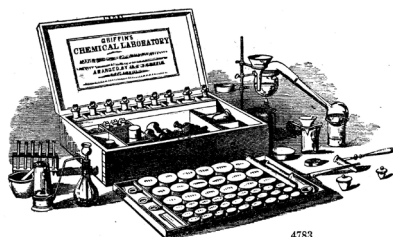


Figura 9. Laboratorio químico portátil de Griffin.

Una de las primeras tareas químicas de Lavoisier consistió en la identificación de minerales para el *Atlas de minéralogie* que preparaba Jean Guettard. Ambos realizaron en 1767 un viaje de cuatro meses a caballo por los Vosgos con el propósito de identificar minerales, misión para la cual Lavoisier se provió de un pequeño laboratorio portátil con tres termómetros, un barómetro, un areómetro para medir densidades de las aguas minerales, y diversos reactivos.⁴² También Guyton de Morveau ideó un *neceser químico* en 1783, y años más tarde un *laboratorio portátil*.²⁸ El primero consistía en dos cajas con diversos frascos con soluciones (ácido nítrico, nitrato de plata, nitrato de mercurio, ácido oxálico y amoníaco), y diversos útiles como imanes, pinzas, un atizador, papel de filtro, papel de tornasol, tubos de vidrio o algunos reactivos sólidos.⁴³ En cambio, el posterior laboratorio portátil era tan sólo una fuente de calor que se podía aplicar a digestiones, destilaciones o evaporaciones.

El uso de la expresión “laboratorio portátil” se generalizó durante el siglo XVIII para describir los gabinetes químicos que contenían algunos reactivos básicos y pequeños aparatos. El propósito de dichos gabinetes era permitir la realización de análisis químicos sobre el terreno, por ejemplo, de minerales a pie de mina.⁴⁴ Eso es lo que hacía John Smithson (1754-1829), químico inglés conocido por haber dejado su herencia a los Estados Unidos de América para la fundación de la Smithsonian Institution. Smithson se dedicó fundamentalmente a la química analítica, aunque también se distinguió por sus investigaciones en mineralogía y cristalografía, y se relacionó con figuras como Davy, Gay-Lussac, Arago, Biot y Haüy. Solía viajar siempre acompañado 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 minerales conocidos. También el químico sueco Axel Cronstedt (1722-1765),⁴⁵ autor de un libro clásico de mineralogía, describió un *laboratorio mineralógico de bolsillo*.⁴³

Johann Friedrich August Göttling, profesor de química de la Universität de Jena, diseñó varios modelos de laboratorio portátil (*Probierrkabinet*), cuya venta le permitía complementar su salario.⁴⁶ Según parece, esos gabinetes tuvieron mucho éxito, hasta el punto que su coetáneo Goethe lo menciona⁴⁷ en la novela *Las afinidades electivas*, cuando compara la afinidad entre personas con la que se da entre sustancias químicas.⁴⁸

*Tan pronto como llegue nuestro gabinete de química
le haremos ver diversos experimentos que son muy
entretenidos y dan una idea mejor que las palabras,
los nombres y los términos técnicos.*¹

ⁱ Sobald unser chemisches Cabinet ankommt, wollen wir Sie verschiedene Versuche sehen lassen, die sehr unterhaltend sind und einen bessern Begriff geben als Worte, Namen und Kunstausdrücke.

También Humphry Davy pensaba que un laboratorio se podía llevar fácilmente de viaje:⁴⁹

*Todos los utensilios imprescindibles se pueden transportar en un pequeño baúl, y algunas de las investigaciones más refinadas de los químicos modernos se han realizado mediante un aparato que puede alojarse con facilidad en un pequeño carruaje, con un costo de sólo unas pocas libras.*¹

El laboratorio portátil de Davy tenía un cariz algo diferente de los que acabamos de ver, ya que aconsejaba llevar una bomba de aire, una “máquina eléctrica”, una batería voltaica, un fuelle, un soplete y un yunque. Este laboratorio portátil lo acompañó durante un largo viaje por Francia e Italia, iniciado a finales de 1813.⁵⁰ Con él pudo realizar diversos experimentos sobre una muestra que le dió Ampère de una sustancia violeta descubierta por Courtois. Gracias a eso pudo comprobar que se trataba de una sustancia elemental con un comportamiento semejante a los del cloro y el bromo, que llamó *iodine* (iodo),⁵¹ y del que pasó a ser considerado el descubridor.

Contemporáneo de Davy, John Joseph Griffin (1802-1877) introducía en su libro *Chemical Recreations*⁵² el anuncio de un laboratorio portátil pensado para proporcionar los utensilios necesarios para las experiencias por él propuestas, y preparado por Robert Best Ede, “químico de Su Majestad”. Griffin acabaría creando en Londres, en 1848, la primera empresa especializada en la venta de reactivos y aparatos para laboratorios químicos, en cuyos catálogos se ofrecían laboratorios portátiles en cajas de caoba (Figura 9).⁵³

En 1872, John Young Buchanan se embarcó en el *Challenger* para participar en una histórica expedición oceanográfica, que duraría hasta 1876 y que dió lugar al descubrimiento de cerca de cinco mil especies marinas. Buchanan debió diseñar un laboratorio compacto para ese viaje, que se ubicó en una tronera de la nave. En total, el laboratorio medía 3x1,70 m, tenía apenas 1,83 m de altura, y su principal defecto consistía en la falta de medios para extraer los vapores nocivos. Según su propio relato,⁵⁴ Buchanan se ocupó personalmente del mobiliario y el instrumental que instalaría en un espacio tan reducido y sometido a las sacudidas de las olas. El agua destilada, por ejemplo, se obtenía de la caldera del barco, de manera que tenía garantizado el suministro durante todo el viaje. También diseñó un recipiente para tomar muestras de agua de mar, que se conoce por su nombre, y que ha dado lugar a numerosos diseños posteriores, como las botellas de Nansen, Knudsen o Niskin. Entre las observaciones hechas por Buchanan a bordo del *Challenger* encontramos estudios de la compresibilidad del agua de mar en función de la profundidad, o de su contenido de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono a diferentes profundidades y en diferentes regiones del planeta.

Entre el *Challenger* y los grandes buques oceanográficos actuales se hicieron varias naves de tamaño intermedio, en las que los laboratorios adquirirían cada vez dimensiones más respetables y se parecían cada vez menos a un gabinete químico. Podríamos citar como ejemplo el *Catalyst*, de la Universidad de Washington,

^j All the implements absolutely necessary may be carried in a small trunk; and some of the best and most refined researches of modern chemists have been made by means of an apparatus which might with ease be contained in a small travelling carriage, and the expense of which is only a few pounds.

que zarpó por primera vez en 1932.⁵⁵ Éste tenía unos 23 metros de eslora y disponía bajo cubierta de un laboratorio de unos dieciocho metros cuadrados. Con todo, su mayor diferencia con el *Challenger* radicaba en las instalaciones: enchufes de corriente continua y alterna, espitas de gas, aire comprimido, agua salada y dulce, placas calefactoras eléctricas y una campana de humos con extractor. Unas condiciones de trabajo que habrían hecho palidecer de envidia a Buchanan.

Si antes he mencionado el gran centro de investigación industrial creado por Thomas Alva Edison, se debe decir aquí que su primer laboratorio viajaba en un vagón del tren que hacía el trayecto entre Port Huron y Detroit. En este tren, Edison hacía de vendedor de periódicos y chucherías y, para entretenerse durante los viajes, instaló un laboratorio de química y una pequeña imprenta en la que imprimía el *Grand Trunk Herald*, primer diario publicado en un tren.

La automatización y miniaturización crecientes del instrumental científico desarrolladas a lo largo del siglo XX, han dado lugar a otra tipología de laboratorios portátiles, aquellos que pueden acomodarse en un maletín o en una nave espacial y aplican varias técnicas de análisis espectroscópico. Se pueden encontrar ejemplos de estos laboratorios viajeros en misiones de exploración de Marte por parte de la NASA como el *Mars Science Laboratory* (MSL, también llamado *Curiosity*), o el *Phoenix Mars Lander*. Estos laboratorios incorporan espectrofotómetros de absorción y de fluorescencia de rayos X, un láser para vaporizar las muestras a analizar in situ mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas, un difractor de rayos X, un espectrofotómetro visible con luz láser sintonizable, microscopios ópticos y de fuerza atómica (AFM), e incluso un pequeño reactor para hacer análisis de soluciones mediante medidas de pH, tratamientos con ácidos y medidas de conductividad. La tecnología desarrollada por la NASA ha sido aplicada posteriormente por la empresa InXitu a dos laboratorios portátiles comerciales de difracción y fluorescencia de rayos X llamados *Terra* –para el estudio in situ de minerales– y *Duetto* –para el análisis no destructivo de obras de arte. También para el estudio de obras de arte se ha desarrollado un laboratorio móvil que se desplaza en una furgoneta por toda Europa, el MOLAB, con base en la Universidad de Perugia. Las técnicas que utiliza son fundamentalmente espectroscópicas: FT-IR, micro-Raman, o fluorescencia UV-visible y de rayos X.

Epílogo: un espacio para la magia

Era una recámara espaciosa, cubierta de incontables botellas desparramadas. Había mesas bajas y amplias dispersas, repletas de retortas, tubos de ensayo y pequeñas lámparas Bunsen, con sus llamas azules y temblorosas.^k

Arthur Conan Doyle, *A Study in Scarlet*, 1887

Aunque a lo largo del siglo XX se ha tendido a considerar el laboratorio químico como un espacio aséptico en el que predomina la objetividad propia de la ciencia, estas estancias son escenario de transmutaciones mágicas: soluciones que se evaporan y vuelven a aparecer en otro recipiente, substancias que cambian de color, cristallitos coloreados que aparecen de

^k It was a lofty chamber, lined and littered with countless bottles. Broad, low tables were scattered about, which bristled with retorts, test-tubes, and little Bunsen lamps, with their blue flickering flames.

soluciones incoloras, materiales que emiten luz en la oscuridad... La iconografía de los laboratorios que hemos heredado de otras épocas refleja esta visión mágica del laboratorio mediante la presencia de niños y querubines haciendo de químicos, como hemos visto en el cuadro de Boucher (Figura 2), o en los murales de la casa de los Vetti en Pompeya. También se pueden encontrar en un laboratorio de óptica en el clásico de Aguilonius, *Optica* (1611), en la representación de Bernard Picard, *La Chimie* (Figura 10), en el cuadro de Teniers *Ludus puerorum*, o en los frontispicios de los libros *Éléments de Chymie Pratique* de Macquer (1751), *Treatise on Chemistry* de Donovan (1832) y *Chemical Recreations* de Griffin.

Tampoco podemos olvidar que en muchos casos el laboratorio ha sido la sede de los sueños de riqueza, tanto de los alquimistas que perseguían la transmutación de los metales, como de los investigadores actuales que buscan la molécula que ha de curar una enfermedad y los puede hacer ricos y famosos. Lo dice sin ambages el alquimista de ficción descrito por Ben Jonson:⁵⁶

*Un local en una esquina –aquí tenéis el plano–
y querría saber, señor, por vuestro arte,
según la necromancia, dónde colocar la puerta,
dónde los estantes y cuáles deben ser para cajas,
cuáles para los botes. Me gustaría prosperar, señor.^l*

Una versión más reciente nos la da Jack Huekels en su cuento *Advanced Chemistry*:⁵⁷

El profesor Carbónico trabajaba diligentemente en su espacioso laboratorio, analizando, mezclando y experimentando. Había dedicado más de quince años a la misma persecución de la felicidad, en la misma casa, en el mismo laboratorio, ayudado por la misma mujer, que durante su largo período de servicio había alcanzado la redondez y respetabilidad de sus ciento treinta kilos.^m



Figura 10. La Chimie, grabado de Bernard Picart (1729). Edgar Fahs Smith Collection, reproducido con permiso de la Chemical Heritage Foundation.

^l At corner of a street: –Here is the plot on't – / And I would know by art, sir, of your worship, / Which way I should make my door, by necromancy, / And where my shelves; and which should be for boxes, / And which for pots. I would be glad to thrive, sir.

^m Professor Carbonic was diligently at work in his spacious laboratory, analyzing, mixing and experimenting. He had been employed for more than fifteen years in the same pursuit of happiness, in the same house, same laboratory, and attended by the same servant woman, who in her long period of service had attained the plumpness and respectability of two hundred and ninety pounds.

Y podemos concluir con la descripción que dió Balzac del laboratorio del protagonista en *La Recherche de l'absolu* (1834):
*...el laboratorio era para él lo mismo que un despacho de lotería para el pueblo, la esperanza organizada.*ⁿ

Bibliografía

1. L. Pasteur, *Rev. Cours Sci.* **1868**, 5, 137–139.
2. Un buen número de obras de arte que muestran laboratorios alquímicos se pueden ver en: <http://bit.ly/fLUv9L> y en <http://bit.ly/ei7e7O>, consultado el 20 de diciembre de 2010.
3. S. Hutin, *La vida cotidiana de los alquimistas en la edad media*; Temas de Hoy; Madrid, **1989**. Versión original: *La vie quotidienne des alchimistes au Moyen Age*; Hachette; París (1977).
4. S. Shapin, *Isis* **1988**, 79, 373–404.
5. C. R. Hill, *Ambix* **1975**, 22, 102–110.
6. J. van Lennep, *Art et Alchimie*; Éditions Meddens; Bruselas, **1971**.
7. W. Scott, *Kenilworth*; Constable & Co.; Edinburgh, **1821**.
8. S. Klossowski de Rola, *The Golden Game. Alchemical Engravings of the Seventeenth Century*; Thames and Hudson; Londres, **1997**.
9. G. Agricola, *De re metallica libri XII quibus officia, instrumenta, machinae ac omnia denique ad metallica*; Emanuel König; Basilea, **1657**.
10. B. Valentin, *Les douze clefs de la philosophie*; París, **1624**.
11. J. C. Barchusen, *Elementa Chymiae*; Leiden, **1718**.
12. E. Ashmole, *Theatrum chymicum britannicum*, **1652**.
13. S. Alvarez, *An. Quím.* **2009**, 105, 142–150.
14. M. Khunrath, *Amphitheatrum sapientiae aeternae*, **1602**.
15. J. J. Bonet Sugrañes, *Viaje al reino de Saturno*; Nivola; Tres Cantos, **2004**.
16. J. Read, *Humour and Humanism in Chemistry*; B. Bell and Sons; Londres, **1947**.
17. O. Hannaway, *Isis* **1986**, 77, 584–610.
18. M. Crosland, *Ann. Sci.* **2005**, 62, 233–253.
19. M. Martínón-Torres, T. Rehren, S. von Osten, *Antiquity* **2003**, 77. Ver también <http://bit.ly/eyDkQd>, consultado el 20 de diciembre de 2010.
20. J. H. Maar, *História da Química. Primeira Parte: Dos Primórdios a Lavoisier*; Conceito Editorial; São José, Brasil, **2008**.
21. A. Barlet, *Le Vray et Méthodique Cours de la Physique Resolutive, vulgairement dite Chymie*; N. Charles; París, **1653**.
22. G. Casanova, *Historia de mi vida*; Atalanta; Girona, **2009**.
23. B. Bensaude-Vincent, I. Stengers, *Historia de la Química*; Addison-Wesley/UAM, **1997**. Versión original: *A History of Chemistry*, Harvard University Press, **1996**.
24. M. Sadoun-Goupil, *Le chimiste Claude-Louis Berthollet (1748-1822): sa vie, son oeuvre*; Librairie Philosophique J. Vrin; París, **1977**.
25. P.-J. Macquer, *Dictionnaire de Chymie*; Lacombe; París, **1766**; vol. 2, p. 11. (versión digital disponible en la Université de Strasbourg; <http://bit.ly/fze2Wl>; consultado el 20 de diciembre de 2010).
26. C. Gerhardt, G. Chancel, *Précis d'Analyse Chimique Qualitative*; 2a ed.; Victor Masson et fils; París, **1862**.
27. M. Faraday, *Chemical Manipulation*; 3a ed.; John Murray; Londres, **1842**.
28. L. B. Guyton de Morveau, *Ann. Chim.* **1797**, 27, 310–326.
29. M. Deherrypon, *Les Merveilles de la Chimie*; Hachette; París, **1873**.
30. G. Ferry, *Nature* **2009**, 457, 541. Se puede acceder a una visión panorámica de este atrio en <http://bit.ly/b181Zu>. También se recomienda realizar una visita virtual a los diversos laboratorios del Chemistry Research Laboratory de la Oxford University: <http://bit.ly/9snyBj>; consultados el 20 de diciembre de 2010.
31. P. Day, *Nature not Mocked*; Imperial College Press; Londres, **2006**.
32. W. A. Smeaton, *Ann. Sci.* **1954**, 10, 224–233; G. Lockemann, R. E. Oesper, *J. Chem. Educ.* **1953**, 30, 202–204.
33. H. S. v. Klooster, *J. Chem. Educ.* **1938**, 15, 453–460.
34. F. L. Holmes, *Osiris, 2nd Series* **1989**, 5, 121–164.
35. F. Ferchl, A. Süssenguth, *A Pictorial History of Chemistry*; William Heinemann Ltd.; Londres, **1939**; p. 208.
36. D. M. E. Fauque, en *Neighbours and Territories: The Evolving Identity of Chemistry (The 6th International Conference on the History of Chemistry)*, (Eds.: J. R. Bertomeu-Sánchez, Burns D. T., Van Tiggelen B.); Memosciences, Lovaina, **2008**, pp 709–716.
37. T. P. Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society: 1880-1930*; Johns Hopkins University Press; Baltimore, **1983**; W. Hausman, P. Hertner, M. Wilkins, *Global Electrification: Multinational Enterprise and International Finance in the History of Light and Power, 1878-2007*; Cambridge University Press; Cambridge, **2008**.
38. S. Alvarez, J. Sales, M. Seco, *Rev. Soc. Cat. Quím.* **2009**, en prensa.
39. E. Frémy, M. Carnot, M. Jungfleisch, M. Terreil, *Les Laboratoires de Chimie*; Dunod; París, **1881**.
40. B. S. Finn, en *Complete Dictionary of Scientific Biography*, (Eds.: Charles Scribner's Sons, Detroit, **2008**, Vol. 4, pp 283–284).
41. J. J. Becher, *Tripus hermeticus fatidicum*; J. G. Schiele; Frankfurt, **1689**.
42. E. Grimaux, *Lavoisier 1743-1794*; Félix Alcan; París, **1888**.
43. W. A. Smeaton, *Ambix* **1966**, 13, 84–91.
44. B. Griffin, *Laboratory Design Guide*; Elsevier; Amsterdam, **2005**.
45. A. F. Cronstedt, *Saggio per formare un sistema di mineralogia*; Antonio de Castro; Venecia, **1775**. Versión original: *Försök til Mineralogie, eller Mineral-Rikets Upställning*, Tryckt uti Wildiska Tryckeriet, Estocolmo (1758).
46. J. Frercks, en *Neighbours and Territories: The Evolving Identity of Chemistry (The 6th International Conference on the History of Chemistry)*, (Eds.: J. R. Bertomeu-Sánchez, Burns D. T., Van Tiggelen B.); Memosciences, Lovaina, **2008**, pp 149–155.
47. J. H. Maar, *Episteme* **2006**, 11, 95–116.
48. J. W. Goethe, *Las afinidades electivas*; Random House; Barcelona, **2007**.
49. H. Davy, *Consolations in Travel; or The Last Days of a Philosopher*; 4ª ed.; John Murray; Londres, **1838**.
50. R. Siegfried, *Isis* **1966**, 57, 325–335.
51. H. Davy, *Phil. Trans.* **1814**, 104, 74–93.
52. J. J. Griffin, *Chemical Recreations*; George Brookman; Glasgow, **1834**.
53. J. J. Griffin, *Chemical Handicraft: A Classified and Descriptive Catalogue of Chemical Apparatus*; John J. Griffin and Sons; Londres, **1866**.
54. J. Y. Buchanan, *J. Chem. Soc., Trans.* **1878**, 33, 445–468.
55. T. G. Thompson, *J. Chem. Educ.* **1936**, 13, 203–209.
56. B. Jonson, *El Alquimista*; Icaria; Barcelona, **1983**. Versión original: *The Alchemist*, Londres, 1612.
57. J. G. Huekels, *Amazing Stories* **1927**, 1, 1127–1129.

ⁿ Le laboratoire était pour lui, ce qu'est pour le peuple un bureau de loterie, l'espoir organisé.