

# Erlenmeyer y su matraz

## Erlenmeyer and his flask

Santiago Álvarez\*

Catedrático Emérito de Química Inorgánica.

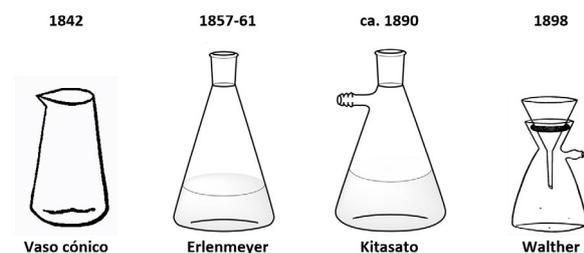
Departament de Química Inorgànica i Orgànica, Secció de Química Inorgànica;  
Institut de Química Teòrica i Computacional UB; Universitat de Barcelona.

### Erlenmeyer y su erlenmeyer

Es una de esas piezas de vidrio que todo el mundo reconoce. Si sostienes un *Erlenmeyer*<sup>o</sup> en la mano y llevas puesta una bata de laboratorio te conviertes en *El Científico* (si haces lo mismo con pantalones tejanos y una camiseta serás arrestado como fabricante de anfetetas).

Andrea Sella<sup>[1]</sup>

El matraz cónico de Erlenmeyer es, como dice Andrea Sella, uno de los más reconocibles símbolos de la química y de la ciencia en general. Sin embargo, no fue hasta 1860, aproximadamente, que los químicos pudieron disponer de este artilugio en sus laboratorios. Hasta entonces tenían que arreglárselas con los "vasos de precipitados cónicos" (Figura 1), menos esbeltos que los erlenmeyers y sin cuello, llamados por Faraday "vasos de precipitados de Phillips".<sup>[2]</sup> A pesar del nombre, esos vasos cónicos se usaban también para hacer valoraciones con una bureta, a juzgar por las ilustraciones de la época. Es de ~~texticia~~ <sup>texticia</sup>, antes de hablar del erlenmeyer, hacer un breve esbozo biográfico de su progenitor, Emil Erlenmeyer, y dejar que sea él quien nos explique las principales características de su invento.



**Figura 1.** Matraz de Erlenmeyer junto con su predecesor, el vaso de precipitados cónico y dos productos de su metamorfosis: el kitasato y el matraz de filtración de Walther.

Emil Erlenmeyer (1825-1909) debía ser un culo de mal asiento. Nacido en Wiesbaden, estudió química durante un año en Giessen. Al año siguiente se desplazó a Heidelberg

para estudiar física, botánica y mineralogía,<sup>[3]</sup> y volvió a Gies- sen para continuar sus estudios de química bajo la supervisión de Liebig. En 1848 se estableció en Wiesbaden como Asistente del químico analítico Carl Fresenius, un año después adquirió una oficina de farmacia en el cercano pueblo de Katzenelnbo- gen, y al año siguiente obtuvo su doctorado en Giessen, trasla- dó su farmacia a Wiesbaden y contrajo matrimonio.

Durante los siguientes cinco años simultaneó el trabajo en la farmacia con la docencia de física y química en una escuela de formación profesional, hasta que en 1855 abandonó la práctica de la farmacia, vendió el negocio y se desplazó a Heidelberg para preparar su habilitación. En esa ciudad trabajó con Bunsen y coincidió con científicos como Kirchhoff, Roscoe, Helmholtz, Kopp, Butlerov y Kekulé, llegando a forjar una amistad durade- ra con este último. También instaló un laboratorio para la do- cencia, por el que pasaron como alumnos futuras figuras como Borodin y Markownikoff.<sup>[1]</sup> En esos años su interés se centraba en procesos industriales, como asesor y como empresario. Se interesaba particularmente en el pigmento conocido como Azul de Prusia y en la utilización de superfosfatos como fertilizantes. Desarrolló, por ejemplo, un nuevo método para la producción de cloruro de hierro(III), que se usaba en pequeñas cantidades como astringente y agente hemostático, pero en grandes canti- dades para la preparación del Azul de Prusia.

En 1860 Erlenmeyer asistió al histórico Congreso de Kar-lsruhe, organizado por Kekulé y Wurtz. Además, ese mismo año, en sendas publicaciones, dio muestras de su dominio del trabajo en el laboratorio químico y de su inventiva. En una de esas publicaciones presentaba una gradilla para tubos de ensayo con estas palabras:

El siguiente dibujo es la forma de una gradilla para tubos de ensayo que vengo utilizando desde hace unos 10 años. Como tiene algunas ventajas sobre los que todavía son de uso casi general, y sobre todo porque Bunsen lo encontró práctico y lo introdujo en su laboratorio, pensé que sería apropiado darlo a conocer a nuestros lectores.<sup>[4]</sup>

El otro artículo, titulado "Sobre tecnología química y farma- céutica", empieza así:

<sup>o</sup> En este artículo escribo "Erlenmeyer" con mayúscula cuando me refiero al químico alemán o a sus parientes, pero "erlenmeyer" con minúscula para el matraz.

En la reunión de farmacéuticos celebrada en Heidelberg en 1857, presenté un matraz que utilizo para la precipitación de diversos compuestos químicos en análisis cuantitativos. Se diferencia de los llamados matraces verticales en que la panza (bola) y el cuello (cilindro) se juntan y forman un cono. La base es como la de un matraz de fondo plano, ligeramente rebajada y luego ligeramente redondeada para formar un cono. El diámetro de la base es = 3 si la altura del frasco desde el centro de la base hasta la boca es = 6 y el diámetro de la boca es = 1. Esta última está provista de un reborde; la forma de todo el recipiente recuerda a los frascos de farmacia.<sup>[5]</sup>

Explica luego que ha hecho fabricar matraces con esta forma a proveedores de material de vidrio de Frankfurt y Heidelberg, destaca que estos matraces combinan las ventajas de los vasos de precipitados con las de los matraces convencionales y enumera sus principales características:

- Se pueden calentar con una llama fuerte sin temor a las salpicaduras.
- Es tan fácil eliminar las partículas de precipitado adheridas a las paredes y al fondo como en un vaso de precipitados, porque se puede acceder a cualquier parte del interior del recipiente con una espátula o varilla.
- Los precipitados que se adhieren frecuentemente a las paredes y son muy difíciles de introducir en el filtro incluso después de repetidos enjuagues desde un vaso de precipitados, pueden eliminarse con la mayor facilidad agitándolo bien con el agua de lavado.
- Es también muy adecuado para la decantación y para separar dos líquidos inmiscibles de densidades diferentes.
- Es muy útil para la descomposición de sales de ácido carbónico por ácidos más fuertes –yo lo utilizo para alcalimetrías– para la descomposición de metales y sulfuros metálicos por ácido clorhídrico, ácido nítrico, agua regia, para realizar determinaciones cuantitativas, etc.

Este matraz, conocido universalmente con el nombre de su inventor<sup>b</sup>, tiene también otras características favorables que escaparon a los elogios de Erlenmeyer, algunas porque se deben a modificaciones posteriores:

- Su cuello estrecho permite asirlo fácilmente con una mano para agitar su contenido y también sujetarlo a un soporte con una pinza.
- El cuello permite usar tapones de corcho o plástico o, en su versión con el cuello esmerilado, su pueden acoplar otras piezas de vidrio.
- Pueden estar graduados y a menudo tienen zonas esmeriladas o esmaltadas que permiten marcarlos con un lápiz o un rotulador.
- Pueden ser de vidrio o de plástico, y se presentan en una gran variedad de tamaños, con capacidades de entre 10 ml y 5 l.
- Resulta adecuado para hervir líquidos, ya que los vapores calientes se condensan en la parte superior del matraz, y se reduce la pérdida de disolvente.
- Puede sostener en su cuello embudos de forma alemana de varias medidas.

- Su fondo plano le da estabilidad al tiempo que permite calentarlos de forma homogénea con un mechero Bunsen y una rejilla, o bien con una placa calefactora eléctrica.
- Son muy indicados para realizar valoraciones de soluciones.
- También se usan en microbiología para la preparación de cultivos, pudiendo taparse fácilmente con algodón hidrófobo.
- El uso de rejillas con asbesto primero, y la fabricación de erlenmeyers con vidrio de borosilicato desde finales del siglo XIX,<sup>c</sup> evitan su rotura por los cambios de temperatura.

El mercado parece haber adoptado rápidamente el matraz de Erlenmeyer, ya que aparece en 1866 en el catálogo de material de laboratorio de la casa Griffins,<sup>[7]</sup> aunque no se hace alusión a Erlenmeyer, y se les llama “matraces triangulares”.

El año de publicación del nuevo diseño de Erlenmeyer marca un punto de inflexión en su carrera, ya que a partir de 1862 prácticamente abandona la farmacia, las asesorías y sus actividades empresariales para dedicarse de lleno a la investigación y la docencia y convertirse en uno de los químicos académicos más prolíficos e influyentes de Europa, desde Heidelberg primero y entre 1868 y su jubilación en 1883 desde la Escuela Politécnica de Múnich. Algunos de los aspectos más destacados de la investigación de Erlenmeyer en esa época son: la síntesis del ácido isobutírico, la guanidina y la tirosina, así como el descubrimiento de la transformación espontánea de alcoholes  $\alpha$ -insaturados en aldehídos o cetonas (“regla de Erlenmeyer”).<sup>[8-9]</sup>

Desde el punto de vista conceptual, Erlenmeyer introdujo la expresión “química estructural” (*Strukturchemie*), así como las palabras “monovalente”, “divalente”, etc., en lugar de las usadas entonces, “monoatómico”, “diatómico”, etc. También modificó las fórmulas gráficas de Crum Brown, dando paso a la notación moderna. Así, introdujo el concepto de doble enlace para explicar la constitución del etileno y del triple enlace para la del acetileno (Figura 2a).<sup>[10]</sup> Adoptó enseguida la estructura cíclica de Kekulé para el benceno y propuso la fórmula del naftaleno como dos anillos de benceno compartiendo dos átomos de carbono (Figura 2b).

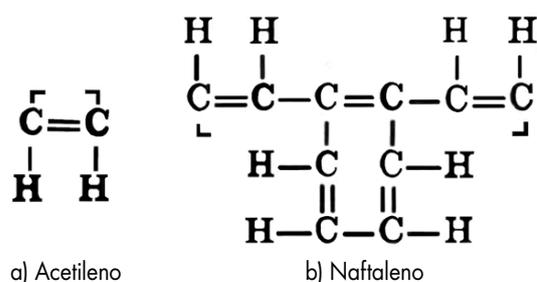


Figura 2. Fórmulas propuestas por Erlenmeyer para el acetileno y el naftaleno. Fuente: Referencia [10].

### Evoluciones del Erlenmeyer

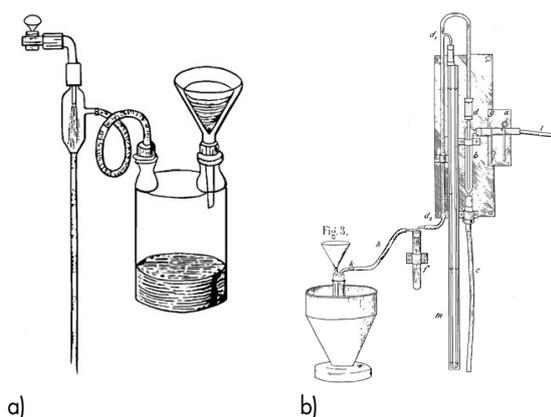
Con el tiempo, el versátil erlenmeyer se fue incorporando a numerosos montajes, acoplándole diversas piezas mediante un tapón de caucho agujereado o con juntas esmeriladas. Por otro lado, pequeñas variaciones en su diseño han ido dando lugar a nuevos matraces con propósitos específicos. El derivado más

<sup>b</sup> “Erlenmeyerkolbe” en alemán, “Erlenmeyer flask” en inglés norteamericano, pero simplemente “conical flask” en inglés británico.

<sup>c</sup> Los vidrios de borosilicato, con un coeficiente de expansión térmica bajo, fueron descubiertos por el químico alemán Otto Schott (1851-1935) y desarrollados por la compañía Jena Glassworks en la década de 1880. En los USA, a principios del siglo XX, la firma Whittall Tatum & Co. fabricaba aparatos de laboratorio con este tipo de vidrio bajo la denominación “Nonsol”, y en 1915 Corning Glass introdujo su propia marca llamada “Pyrex”.<sup>[6]</sup>

extendido es el *kitasato*, también llamado *matraz de Büchner*,<sup>d</sup> en referencia al médico y bacteriólogo japonés Kitasato Shibasaburō (1853-1921) y al químico industrial alemán Ernst Büchner (1850-1924), respectivamente. Aunque no he llegado a descifrar a quién debe atribuirse su invención, sí que puede encuadrarse su aparición en el marco del desarrollo de las técnicas de filtración al vacío, que comentaré a continuación muy brevemente. Como puede verse en la Figura 1, las simples modificaciones respecto del erlenmeyer original consisten en la adición de una oliva lateral que permite conectar mediante tubo de goma una bomba de vacío (habitualmente una trompa de agua) y el uso del vidrio más grueso para prevenir las implosiones al hacer el vacío.

El químico suizo Jules Piccard propuso en 1865 un montaje para filtrar al vacío usando una trompa de agua y un embudo de forma alemana (Figura 3a).<sup>[11]</sup> Poco después, el alemán Robert Bunsen (1811-1899), más conocido por el mechero que lleva su nombre y por el descubrimiento del cesio y el rubidio junto con Kirchhoff, describió un montaje más elaborado para el filtrado al vacío (Figura 3b),<sup>[12]</sup> empleando un matraz de paredes gruesas, una bomba Sprengel modificada (b), un manómetro de mercurio (m) y una trampa de seguridad (f), también con un embudo de forma alemana y un matraz de filtración que tanto podría ser un erlenmeyer como un matraz de fondo redondo, pues en la imagen queda oculto por el recipiente protector de chapa o porcelana que lo contiene. Es evidente, no obstante, que la succión no se hace a través de una tubuladura lateral como en el *kitasato*, sino mediante un tubo que atraviesa el tapón.



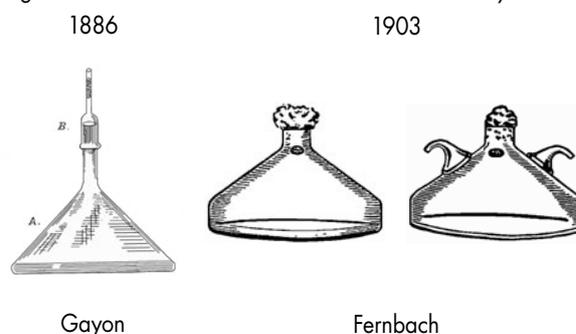
**Figura 3.** (a) Montaje propuesto por Piccard para filtrar al vacío con una trompa de agua, adaptado de la ref. [11]. (b) Sistema de filtración al vacío propuesto por Bunsen en 1868, adaptado de la ref. [12].

Otto Witt, en 1886, introdujo una mejora que consistía en colocar un disco perforado dentro del embudo sobre el que se situaba papel de filtro circular sin doblar y, dos años más tarde Robert Hirsch mejoró el diseño en un nuevo embudo con la placa integrada.<sup>[13]</sup> Finalmente, Ernst Büchner modificó la parte superior del embudo dándole forma cilíndrica, completando el que hoy conocemos como embudo Büchner.<sup>[14]</sup> Parece razonable que, a falta de confirmación documental, se sitúe la adopción del *kitasato* por parte de Büchner alrededor de esas fechas, 1888-1890.

R. Walther, en Dresde, introdujo en 1898 una interesante modificación del *kitasato*,<sup>[15]</sup> que él llamó "matraz embudo" (Fig. 1). En él, el cuello cilíndrico es sustituido por un cono invertido que permite colocar un embudo de cualquier tamaño, ajustándolo herméticamente a las paredes mediante un anillo de goma relleno de aire. La ventaja estriba en que un mismo anillo sirve para cualquier tamaño de embudo, mucho más fácil

de poner y quitar que un tapón de corcho o de goma, y que evita la necesidad de disponer de un amplio surtido de tapones. Al igual que decía Erlenmeyer de su matraz, Walther aseguraba que es casi imposible que los matraces-embudo vuelquen. También como Erlenmeyer, Walther contactó con una empresa, Greiner & Friedrichs de Stützerbach (Turingia), que fabricaba sus matraces, y de cuya comercialización se hacía cargo la empresa Richard Dies de Sonneberg (Turingia). Años más tarde los encontramos como "matraces de Walther" en el catálogo de material de laboratorio de Gerhardt.<sup>[16]</sup>

Otras variantes del erlenmeyer fueron desarrolladas para cultivos biológicos o reacciones de fermentación. El bioquímico y agrónomo francés Ulysse Gayon (1845-1929), profesor de la Facultad de Ciencias y director de la Estación Agronómica de Burdeos es conocido principalmente como inventor del *caldo bordelés*, fungicida compuesto por sulfato de cobre e hidróxido de calcio, ampliamente utilizado como fungicida para el tratamiento de la viña. Aquí, sin embargo, nos llama la atención el matraz que introdujo para estudios bacteriológicos y de reacciones de fermentación (Fig. 4).<sup>[17]</sup> Este matraz tiene la base más ancha y el cuello más estrecho que el erlenmeyer, forma que conservó durante muchos años y que se identificaba en catálogos de material de laboratorio como *matraz de Gayon*.<sup>[18-19]</sup>



**Figura 4.** Recipientes derivados del erlenmeyer, de izquierda a derecha: matraz de cultivo de Gayon, y matraces de cultivo de Fernbach, sin y con tubuladuras laterales.

El biólogo francés del Instituto Pasteur de París, Auguste Fernbach (1860-1939) introdujo un cambio sobre el diseño de Gayon, añadiendo una porción cilíndrica a modo de cápsula de Petri entre la base y el cono del matraz (Fig. 4). Existe una versión de este matraz con dos tubos laterales en lados opuestos para facilitar la circulación de aire, ya que Fernbach observó que una corriente de aire favorecía el crecimiento del bacilo de la difteria.<sup>[20]</sup>

### Erlenmeyers fuera del laboratorio

La incorporación del erlenmeyer al imaginario popular ha hecho que algunos diseñadores adoptaran su forma para objetos de uso cotidiano fuera del laboratorio. El caso más evidente es el de los jarros decorativos *Chemistubes* (Fig. 5a), concebidos por la diseñadora y arquitecta italiana afincada en Madrid Teresa Sapey para la firma Vondom, con sede central en Benexida, Valencia. Está realizado en resina de polietileno 100% reciclable y se presenta en diferentes acabados, colores y dimensiones.

Un segundo ejemplo de diseño basado en el erlenmeyer es la botella de 30 ml con cuentagotas para aceites esenciales y perfumes de la empresa china Guangzhou Jiaming Cosmetics (Figura 5b). Tenemos todavía un tercer ejemplo en un objeto completamente diferente. Nos lo ofrece la empresa Hubbardton Forge, del estado de Vermont, que comercializa la *Colección*

<sup>d</sup> Al parecer, el nombre "kitasato" se usa tan sólo en la península ibérica.

Erlenmeyer de lámparas, inspiradas en el matraz del mismo nombre (Figura 5c): «Nuestros diseñadores tomaron la forma fácilmente reconocible del matraz y la transpusieron a una impresionante familia de iluminación interior y exterior: lámparas colgantes de diferentes tamaños, luces semiempotradas, apliques de pared, farolas y postes de luz. Estas luminarias clásicas emplean vidrio transparente, igual que su homónimo.»



**Figura 5.** Objetos inspirados en el matraz erlenmeyer: (a) Jarrón *Chemistubes* diseñado por Teresa Sapey para Vondom (reproducido con autorización de Teresa Sapey + Partners y de Vondom). (b) Frasco de perfume con gotero de Guangzhou Jiaming Cosmetics. (c) una de las lámparas de la *Colección Erlenmeyer* de Hubbardton Forge. (d) aceiteiro anti-goteo diseñada por Rafael Marquina.

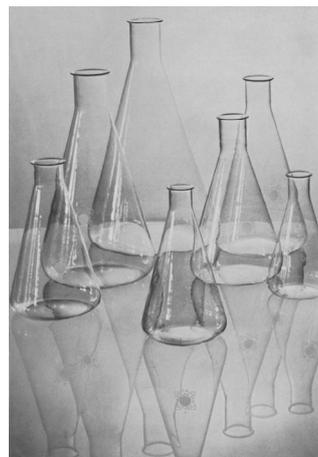
La aceitera antigoteo o *aceitera Marquina* (Figura 5d) es una evolución del erlenmeyer, que se extiende por encima del cuello cilíndrico con un pequeño cono invertido. Incorpora, además, una boquilla curvada que se acopla al cuello con una junta esmerilada. El cono invertido actúa como embudo para facilitar el llenado, pero al mismo tiempo recoge las gotas que se escurren por la boquilla al verter el líquido y las devuelve al interior del recipiente a través de una muesca en el tapón esmerilado. Esa muesca también permite la entrada de aire, facilitando el vertido del líquido. La conjunción de dos conos y un cilindro adoptada por Marquina permite coger la aceitera por el cuello como el erlenmeyer, sin necesidad de añadir un asa como en las aceiteras tradicionales.<sup>[21]</sup>

Esta aceitera, diseñada por Rafael Marquina (1921-2013) fue premiada con el Delta de Oro de la Asociación de Diseño Industrial (ADI-FAD) en 1961. A pesar de su innegable parentesco con el matraz de Erlenmeyer, su inventor afirmaba no haber conocido éste previamente y que su diseño se inspiró en una obra de cristal del diseñador finlandés Tapio Wirkkala. Más sorprendente aun resulta la semejanza de esta aceitera con el matraz de filtración de Walther: ¡basta con retirar el embudo y la arandela de goma a este último, convertir el cuello en una junta esmerilada y añadirle la boquilla de vertido!

### Erlenmeyers en el arte

En otra ocasión he escrito sobre el fotógrafo alemán Albert Renger-Patzsch y sus fotografías de material de laboratorio,<sup>[22]</sup> presentes tanto en exposiciones de fotografía artística y en libros de arte como en un catálogo del fabricante de vidrio Jena,<sup>[23]</sup> por lo que no me extenderé aquí sobre su persona y su obra. Sólo destacaré la existencia de diversas fotos suyas de erlenmeyers, como una que muestra cómo embudos de diferentes medidas se pueden usar con un mismo matraz, o la que aparece en la Figura 6, en la que el juego de transparencias, sombras y reflejos confieren a un conjunto de matraces una apariencia de interpenetrabilidad, es decir, un aire inmaterial y casi espiritual. También he mencionado anteriormente a Hermann Nitsch<sup>[24]</sup> y he resaltado el uso extensivo que hace de material de laborato-

rio en sus obras de arte, entre el que no falta un buen número de erlenmeyers acompañados de numerosos recipientes de vidrio de laboratorio.



**Figura 6.** Erlenmeyers del catálogo Jena de 1937, fotografía de Albert Renger-Patzsch.

El destacado polifacético modernista Alexandre de Riquer (1856-1920) –dibujante, pintor, diseñador gráfico, grabador y poeta– realizó en 1887 una serie de ocho paneles decorativos que se pueden ver en el MNAC de Barcelona: *Composición con motivos vegetales japonizantes*; *Composición con ninfa alada soplando cañas*; *Figura femenina con una redoma en la mano*; *Figura femenina alada*; *Figura femenina con un vaso*; *Figura femenina oliendo adormidera*; *Composición con ninfa alada ante la salida del sol*, y *Composición con motivos vegetales japonizantes*. En el tercero de ellos, la “redoma” es en realidad un erlenmeyer (Figura 7). La mujer, que simboliza el Arte, parece recoger en su erlenmeyer los efluvios de la Naturaleza, simbolizada por unas flores (a la derecha del cuadro),<sup>[25]</sup> evocando tanto los perfumes, que explotó el modernismo en publicidad y envases, como los perfumistas que adoptaron los erlenmeyers como una herramienta de trabajo e introdujeron modificaciones en su diseño, tales como el uso de vidrio ámbar y de un tapón esmerilado para evitar tanto la fotodescomposición como la evaporación de las esencias.



**Figura 7.** *Figura femenina con una redoma en la mano*, Alexandre de Riquer, 1887, temple sobre lienzo. Web del Museu Nacional d'Art de Catalunya, licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 3.0.0.

También se debe hacer mención aquí del escultor británico Anthony Cragg (Liverpool, 1949). Habiendo trabajado en un laboratorio de bioquímica antes de dedicarse al arte, no es de extrañar que una parte de su obra esté inspirada en ciertos aspectos de la química, como las estructuras moleculares y el material de laboratorio. Su obra es bien conocida en la Península Ibérica, ya que se ha expuesto en el IVAM de Valencia (1992), en el Reina Sofía de Madrid (1995), en el MACBA de Barcelona (1997), en el CAC de Málaga (2003), en el museo Serralves de Porto (2004) y en Sa Llotja de Palma de Mallorca (2013).

Aunque la obra de Cragg es muy variada, una parte significativa de ella representa material de laboratorio. Sus *Bodegones de Laboratorio* (The Laboratory Still Lifes), por ejemplo, son cuatro series de aguafuertes y grabados realizados en 1988 que representan agrupaciones de material de vidrio con aspecto de estar hechos con otros materiales, como barro o cemento. En la década siguiente elaboró una serie de esculturas, *Formas primitivas* (Early Forms), inspiradas también en pertrechos de laboratorio y hechas con materiales diversos: arenisca, vidrio, yeso, bronce o hierro.<sup>[26]</sup> Entre los objetos representados encontramos morteros, matraces redondos, matraces aforados, tubos de ensayo, embudos, balones de tres bocas, probetas... y erlenmeyers. Entre sus esculturas de bronce destacan algunas de gran tamaño (alrededor de un metro de altura) que resultan de la fusión de un erlenmeyer, un matraz y tal vez algún otro objeto, que, contorsionados, unen sus bocas formando un amplio canal (Figura 8). Curiosamente, la perspectiva que muestra la Figura 8 nos sugiere más una bota que los adminículos de laboratorio fusionados.



**Figura 8.** *Early Forms* (1990), escultura en bronce de Anthony Cragg, foto reproducida con autorización del autor.

Por último, vale la pena mencionar otra famosa Colección Erlenmeyer, cuya relación con Emil Erlenmeyer es algo más lejana, ya que recibe el nombre de su nieto, Hans Erlenmeyer (1900-1967). Éste fue profesor de química inorgánica en la Universidad de Basilea y autor de unas 500 publicaciones sobre química estructural e inmunología, mayoritariamente de investigación fundamental orientada hacia la quimioterapia y la tuberculosis.

<sup>[27]</sup> Junto con su segunda esposa, Marie-Louis Erlenmeyer (1912-1997), formó entre 1943 y 1960 una colección de arte prehistórico y antiguo de Grecia y Mesopotamia. Después de enviudar, Marie-Louis creó la Fundación Erlenmeyer para la protección de animales y para financiarla se realizaron diversas subastas de la *Colección Erlenmeyer* en Christie y Sotheby entre 1988 y 1998.

¿Veremos nuevas metamorfosis del erlenmeyer? En cualquier caso parece indudable que ese entrañable recipiente, escenario de las magias de la química e inspirador de objetos imprevistos, seguirá siendo una pieza fundamental en los laboratorios de todo el mundo y la representación más simple y contundente de la ciencia.

## Bibliografía

- [1] A. Sella, *Chem. World* **2008**.
- [2] M. Faraday, *Chemical Manipulation*, John Murray, Londres, **1842**.
- [3] A. J. Rocke, *Isis* **2018**, *109*, 254-275.
- [4] E. Erlenmeyer, *Z. Chem. Pharm.* **1860**, *3*, 347-348.
- [5] E. Erlenmeyer, *Z. Chem. Pharm.* **1860**, *3*, 21-22.
- [6] W. B. Jensen, *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 692-693.
- [7] J. J. Griffin, *Chemical Handicraft: A Classified and Descriptive Catalogue of Chemical Apparatus*, John J. Griffin & Sons, Londres, **1866**.
- [8] W. H. Perkin, *J. Chem. Soc. Trans.* **1911**, *99*, 1649-1651.
- [9] A. B. Costa, in *Complete Dictionary of Scientific Biography*, Vol. 4 (Ed.: C. C. Gillispie), Charles Scribner's Sons, New York, **2008**, pp. 399-400.
- [10] E. Erlenmeyer, *Ann. Chem. Pharm.* **1866**, *137*, 327-359.
- [11] J. Piccard, *Z. anal. Chem.* **1865**, *4*, 45-48.
- [12] R. Bunsen, *Ann. Chem. Pharm.* **1868**, *148*, 269-293.
- [13] W. B. Jensen, *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 1283.
- [14] E. Büchner, *Chem. Zeit.* **1888**, *12*, 1277.
- [15] R. Walther, *Pharm. Centralhalle Deutsch.* **1898**, *39*, 550-551.
- [16] C. Gerhardt, *Preisverzeichnis über chemische apparate und gerätschaften*, Bonn, **1914**.
- [17] U. Gayon, G. Dupetit, *Mem. Soc. Bordeaux, Ser. 3* **1886**, *2*, 22.
- [18] Llofriu, *Material y aparatos para laboratorios químicos, bacteriológicos e industriales. Catálogo general*, Establecimientos y Vidrierías Llofriu, Palma de Mallorca, **1940**.
- [19] E. Metzger, J. Metzger, *Catálogo de aparatos para laboratorio*, Metzger, Barcelona, **1917**.
- [20] *Illustrated Catalogue and Price-List of Chemical Apparatus*, Henry Heil Chemical Company, St. Louis, MO, **1903**.
- [21] O. Pibernat, *La utilidad en el diseño*, Círculo de Bellas Artes, Madrid, **2008**.
- [22] S. Alvarez, *An. Quím.* **2018**, *114*, 257-267.
- [23] Schot, *Jenaer Glas für Laboratorien*, Jena, **1937**.
- [24] S. Alvarez, *An. Quím.* **2018**, *114*, 19-24.
- [25] J. Massó Torrents, *Rev. Bibliogr. Cat.* **1901**, *1*, 227-229.
- [26] AAVV, *Cragg*, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madrid, **1995**.
- [27] H. Bloch, en *Basler Stadtbuch*, Basilea, **1969**, pp. 37-40.



### Santiago Álvarez

Catedrático Emérito de Química Inorgánica. Departament de Química Inorgànica i Orgànica, Secció de Química Inorgànica; Institut de Química Teòrica i Computacional UB

C-e: [santiago.alvarez@qi.ub.es](mailto:santiago.alvarez@qi.ub.es)

ORCID: 0000-0002-4618-4189