

Figura 6. Comparación entre las gotas.

Experimentalmente se puede hacer una comparación cuantitativa entre sus radios calculando  $r_2$  a partir de la velocidad de caída y del valor de la viscosidad obtenido

precedentemente. El resultado es  $r_2 = 3,8 \text{ mm}$ . Si comparamos con el radio medio de la gota obtenida en el aire observamos que, aunque  $r_2 > r_1$ , su cociente  $r_2/r_1 = 1,57$  es inferior al esperado  $r_2/r_1 = 2,32$ . La discrepancia puede ser debida a que la fuerza de cohesión en ambos medios no es la misma, como habíamos supuesto en primera aproximación, sino que es más débil cuando interviene el aceite.

## CONCLUSIONES

Con este ejemplo hemos podido comprobar que, aunque se disponga de escasos recursos, los experimentos caseros pueden ser utilizados para desarrollar en el estudiante hábitos de investigación tales como la búsqueda de soluciones a los problemas experimentales y, sobre todo, la obtención de las medidas con el menor margen de error posible.

Finalmente, queremos hacer notar que la viscosidad desempeña un papel importante no solo en algunos problemas de Física sino también en muchos otros procesos biológicos, químicos, industriales<sup>7</sup>...

Manuel Yuste Llandres y  
Juan Pedro Sánchez Fernández  
Dpto. de Física de los Materiales

## Experimento histórico

### La composición del aire: los primeros datos científicos

#### INTRODUCCIÓN

En el largo camino que hubo que recorrer para lograr un conocimiento científico del mundo que rodea al hombre, los dos mayores problemas a solventar fueron si las materias que cotidianamente le rodeaban eran puras o se trataba de mezclas, y cuál era la explicación de la combustión o de la respiración. Con respecto al primer problema, en las religiones primitivas fue constante la creencia en cuatro elementos primordiales que configuran la materia física que rodea al hombre. En el relato del Génesis, al cuarto día de la Creación, los elementos aire, tie-

rra y agua ya habían sido creados, y el fuego estaba implícito en las luminarias del cielo. Sin embargo, es la filosofía griega la que organiza intelectualmente la materia que emerge del Caos. La pregunta: ¿cuál es el principio vital que actúa sobre la materia primordial?, se intenta responder recurriendo a alguno de los cuatro elementos o a lo indefinido, al *apeirón* de Anaximandro de Mileto.

Su discípulo, Anaxímenes de Mileto (577? - 526? a.C.), define que el principio vital es el aire (el *pneuma*, el aliento), que está en la Naturaleza y es invisible. Para él el Universo está hecho de aire y está sometido a la evaporación y rarefacción que produce calor (fuego) y a la condensación que produce el frío (agua), por lo que concluyó equivocadamente que calor y frío no son causas sino efectos. El fuego es aire en condiciones especiales y las piedras son aire que se ha condensado poco a poco.

Es Empédocles de Agrigento (492-430 a.C.) quien describe la existencia del aire como algo que tiene masa y organiza los cuatro elementos preconizados por Thales (agua), Anaxímenes (aire), Heráclito (fuego como imagen de un mundo cambiante) y Jenófanes (tierra) en la tetrasomía. En un fragmento que se conserva de su obra *Perí físeos* (*De la Naturaleza*) escribe:

*Cuatro son las raíces de las cosas  
Zeus resplandeciente, Hera avivadora  
Aidoneo y Nesti que de lágrimas  
destila la fuente inmortal.*

La explicación es simple: las raíces de las cosas son fuego (el rayo de Zeus), aire (los celos de Hera), tierra (Aidoneo, el padre de Perséfone la esposa de Hades) y agua (la ninfa siciliana Nesti). En la mezcla de los elementos actúan dos principios activos: Eros y Anteros (amor y discordia) que complican la teoría

<sup>7</sup>Véase, por ejemplo, "Centrifugación de la pasta de aceituna para la obtención de aceite de oliva virgen". F. Espinosa Lozano. Alimentación, junio de 2000, págs. 71-78.

tetrasómica, pero que prefiguran el gran concepto químico que se desarrollará posteriormente, la afinidad (la *affinitas*) de Alberto Magno.

Sin embargo, es Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.) el que organiza definitivamente la tetrasomía en sus obras *Acerca de la generación y la corrupción* y *Los Meteorológicos*. En ellas admite que unos elementos se pueden transformar en otros mediante cambios en una de las cualidades esenciales que poseen: calor, humedad, frialdad y sequedad, que son ganadas o perdidas como exhalaciones.

La teoría de Aristóteles pervivirá durante siglos hasta que Paracelso (Theophrastus Bombast von Hohenheim, 1493-1541) contribuya a la teoría química aportando los *tria prima*: azufre, mercurio y sal (espíritu, alma y cuerpo ó gas, líquido y sólido) como una variación de la teoría azufre-mercurio de los alquimistas musulmanes. De los elementos de la tetrasomía el aire había perdido su importancia y había sido asimilado o sustituido por el fuego, que Paracelso consideraba como un principio combustible (azufre, que no es el actual elemento sino el *azufre de los filósofos*), el agua era el mercurio (que es el *mercurio de los filósofos*) y, finalmente, la sal es la representación del elemento tierra.

Aunque la manzana de la discordia que era la teoría de Paracelso solamente fue compartida por los llamados iatroquímicos (en España, siglo y medio más tarde de la muerte de Paracelso los médicos, llamados *novatores*, preconizaron la ruptura con las ideas antiguas). Los iatroquímicos, que eran médicos expulsados por las Universidades o curanderos empíricos, hicieron avanzar la Química al tiempo que la adhesión inquebrantable a las ideas de Aristóteles se empezaba a resquebrajar y se haría añicos a finales del siglo XVIII cuando la Química se libera de las antiguas creencias ante el peso indiscutible de la evidencia experimental y afronta también el problema de explicar la combustión.

## EL PROBLEMA DE LA RESPIRACIÓN Y LA COMBUSTIÓN

Mucho antes de los experimentos de Carl Wilhelm Scheele, Joseph Priestley y Antoine-Laurent de Lavoisier encaminados a la identificación del oxígeno, el titulado en leyes y médico de profesión John Mayow (1640-1679) identificó el que llamó *spiritus nitro-aereus* como una distinta entidad química existente en el aire y que era absolutamente indispensable para la producción de fuego. De alguna forma se había identificado tempranamente al oxígeno, pero la realidad es que el descubrimiento no trascendió de Gran Bretaña, tal vez por la temprana muerte de Mayow, y la Química Neumática se desarrolló ignorando totalmente a este hombre de ciencia.

Pero el primero que reconoció la pluralidad de los gases fue Jan Baptist van Helmont (1577-1644), cuyos experimentos llevan, a pesar de sus limitaciones y equivocaciones, al rechazo de la teoría aristotélica. Van Helmont reconoce que el fuego no es una sustancia sino un accidente pues la llama es simplemente un gas incandescente. El interés científico de van Helmont estaba orientado hacia un enfoque químico de la vida y sus estudios sobre el crecimiento de los vegetales, aunque hechos con observaciones correctas, adolecen en sus resultados de dos prejuicios de partida: el agua es la materia primordial, pero ni el agua ni el aire pueden transformarse por condensación o por efecto de la temperatura y tampoco reducirse a otra sustancia.

El botánico inglés Stephen Hales (1677-1761) recogió sus observaciones sobre los gases desprendidos por las plantas en una obra fundamental, *Vegetable Staticks* (1727), que fue profusamente conocida en el continente por la traducción del Conde de Buffon *La statique des vegetaux et l'analyse de l'air* con varias ediciones a partir de 1735. El interés de Hales estribaba precisamente en la elasticidad de aire, lo que le hizo abandonar la teoría de los constituyentes distintivos de los gases, pues explicaba el efecto de la extinción de

la llama de una vela que ardía en un ambiente confinado por la destrucción de la elasticidad del aire y no por la pérdida del espíritu vivificante.

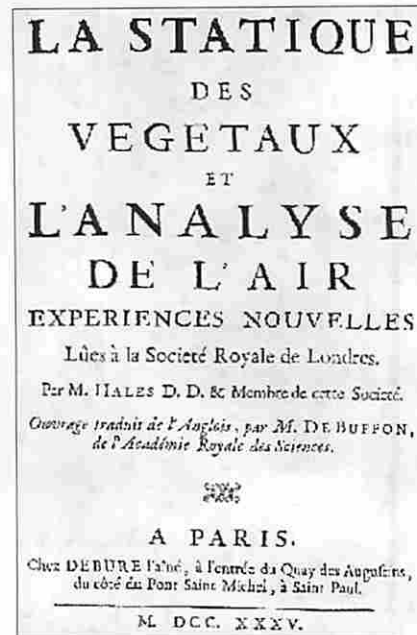


Figura 1. Portada de la traducción del Conde de Buffon de la obra de Stephen Hales *Vegetable Staticks*.

Joseph Priestley en 1774 fue capaz de conseguir medios para producir la parte respirable del aire a partir de la descomposición del óxido de mercurio (*mercurius calcinatus per se*). Priestley quedó sorprendido de que el "aire" obtenido avivaba la llama de una vela y que al inhalarlo notaba una agradable sensación de estímulo. Priestley que creía que el aire atmosférico era una sustancia simple y elemental, interpretó erróneamente su descubrimiento como la preparación de un aire que contenía menos flogisto que el propio aire atmosférico, aire desflogisticado, lo que le hacía más apto para sostener la respiración y la combustión.

Aunque se había anticipado dos años al descubrimiento de Priestley, Scheele había perdido la carrera al no publicar sus resultados hasta 1777 en *Abhandlung von der Luft und dem Feuer* donde propone, al igual que hiciera Mayow, que la atmósfera está compuesta de dos gases, uno que favorece la combustión (*aire empyreo*) y otro que la dificulta y previene. Pudo preparar el primero recurriendo a descomponer ácido nítrico, nitrato potásico

(salitre), dióxido de manganeso, óxido mercurio y otras sustancias oxigenadas.

Pero la interpretación correcta y completa la dio Lavoisier en 1779. A Lavoisier, que por días no se anticipó al descubrimiento de Priestley, le llevaban los demonios el pensar que éste no se había dado cuenta de que había dado con lo que Lavoisier llamaba la clave de la Química. En 1789 publica su fundamental *Traité élémentaire de Chimie* donde dedica toda la primera parte de la obra a la formación y descomposición de los fluidos aeriformes, la combustión de los cuerpos simples y la formación de los ácidos. Al hacer el análisis del aire atmosférico reconoce en él la existencia de dos fluidos elásticos, uno de ellos apto para la respiración (*aire altamente respirable, aire vital* y, finalmente *oxígeno*) y el otro incapaz de ser respirado (*mofeta, azoe* y, finalmente *nitrógeno*). El problema fundamental de la Química desde sus inicios remotos estaba solventado; la tetrasomía había perdido su sostén teórico. Había muerto la Alquimia y había nacido la Química.

También en 1779 el médico holandés Jan Ingenhousz publica

en Londres *Experiments upon Vegetables, Discovering Their Great Power of Purifying the Air in Sunshine, and of Injuring it in the Shade and at Night*, que en 1787 traduce al francés y publica en París con el título *Expériences sur les végétaux, spécialement sur la Propriété qu'ils possèdent à un haut degré, soit d'améliorer l'Air quand ils sont au soleil, soit de le corrompre la nuit, ou lorsqu'ils sont à l'ombre*. Priestley había demostrado que las plantas devolvían aire, una propiedad necesaria para la vida pero que la propia vida destruía (consumía). Ingenhousz demostró la existencia de la fotosíntesis y que únicamente las partes verdes de las plantas podían realizarla y que todas las plantas 'dañaban' el aire en su respiración, aunque eran capaces de restablecer y mejorar la situación original. También diseñó un ingenioso aparato, el eudiómetro, en el que hacía experimentos analíticos basados en reacciones de los gases.

Y en este ambiente excitante de creación y descubrimiento se introduce de una forma muy sigilosa un químico aficionado español, que logró por sus propios medios privados alcanzar la solución del problema.

### ANTONIO MARTÍ Y FRANQUÉS

Si D. Antonio Martí y Franqués hubiera nacido en Inglaterra habría sido un perfecto *gentleman farmer*, aficionado a la Ciencia Natural, que se hubiera codeado con lo más granado de la ciencia británica e, incluso, podría haber sido uno de los miembros de la *Lunar Society* de Birmingham o de la *Royal Society* londinense. Pero a Martí le tocó vivir en España ese breve y muy brillante momento científico que nació con la Ilustración y murió en la Guerra de la Independencia.

Antonio Martí y Franqués nace en 1750 en Altafulla (Tarragona), en el seno de una familia acomodada, que poseía amplios intereses en el campo tarraconense. Mostró desde niño un ardiente deseo de saber y, a

los catorce años, ingresó en la Universidad de Cervera, donde no logró ningún título porque se aburría del estudio de los áridos libros de filosofía que recopilaba la materia que entonces se enseñaba. Decidió dedicarse al estudio de la lengua francesa, con el objeto de acceder a las nuevas obras de física y agricultura, estudios a los que era especialmente inclinado. Posteriormente al latín y al francés, unió conocimientos de griego, inglés, alemán e italiano.

Ocupado en la administración de sus fincas y en los negocios de exportación encontraba tiempo para dedicarse al tema dominante en aquella época: el estudio de la respiración vegetal y animal, que le obliga a familiarizarse con las obras de Hales e Ingenhousz y con las Memorias científicas de Priestley, Cavendish y Kirwan. En 1785 inicia sus estudios analíticos de la composición de los aires desprendidos por las hojas verdes, que le reportan, en 1787, su ingreso en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Martí asistía raras veces a las sesiones de la Academia, debido a lo penoso que se hacía el viaje desde Tarragona, pero su seria labor como académico pone de manifiesto su adhesión a las ideas de Lavoisier con una razonada crítica a la explicación flogística de Priestley sobre la descomposición del agua, crítica apoyada en una sólida formación química, teórica y experimental.

La posición crítica de Martí estaba apoyada no solo por una sólida formación química teórica, sino que poseía una envidiable pericia experimental. El conocimiento y la repetición de los ensayos de Hales, Cavendish, Priestley, Lavoisier, Ingenhousz y otros, facultó que Martí pudiera llegar a aislar el oxígeno puro procedente de la respiración vegetal, eliminando toda contaminación debida al aire atmosférico, bien retenido o absorbido.

En 1800 y hasta finales de 1801, cuando ya era conocido fuera de España, Martí hizo un largo viaje durante el cual visitó diversas instituciones científicas francesas e inglesas. Pero, a su vuelta a España restringe sus trabajos químicos

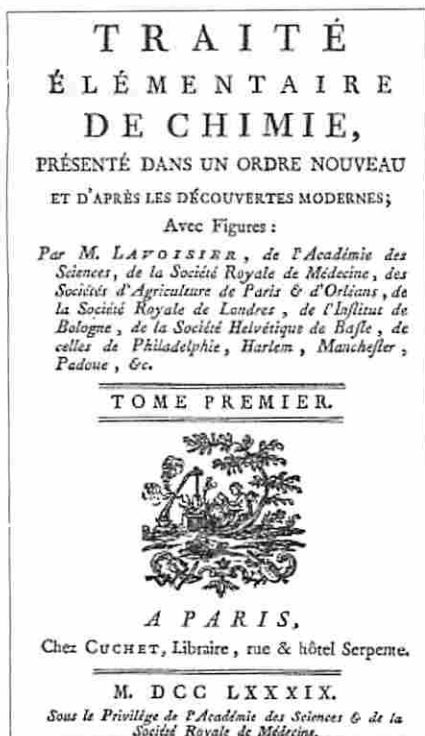


Figura 2. Portada de la primera edición del *Traité élémentaire de Chimie* de Antoine-Laurent de Lavoisier.



experimentales que fueron al final brutalmente interrumpidos durante el sitio de Tarragona por las tropas francesas. En los bombardeos se destruyó gran parte de sus laboratorios. Lo que quedó fue saqueado y Martí quedó prisionero de las tropas de Napoleón. Al quedar en libertad, recogió lo que pudo haberse conservado, pero a partir de ese momento, y hasta su muerte en 1832, se dedicó a la Botánica, en especial al estudio de la fecundación de las plantas, y a temas filosóficos y cosmogónicos, en los que procuró no sobrepasar los dogmas católicos.



*Anton Martí y Franqués*

Figura 3. Retrato y autógrafo de Don Antonio Martí y Franqués.

A Martí le molestaba enormemente publicar sus observaciones. Hombre tímido y retraído, al que se le ha comparado con Henry Cavendish, fue sin embargo muy estimado por el fundador de los estudios universitarios de Química españoles Francisco Carbonell y Bravo y también por Agustín Yáñez y Girona de quien proceden, a través de sus discípulos, la mayoría de las distintas escuelas químicas españolas que existen en la actualidad, y particu-

larmente las dedicadas a la Química Analítica.

## LA COMPOSICIÓN DEL AIRE

En la sesión de la Academia barcelonesa del 12 de mayo de 1790, el Dr. Gecceli presentó la comunicación escrita por Martí, *Memoria sobre los varios métodos de medir la cantidad de aire vital de la atmósfera*. Aunque esto no era hecho común en esa época, la Memoria se llegó a imprimir en su integridad en el Tomo X, de 1795, de *Continuación del memorial literario, instructivo y curioso de la Corte de Madrid* (páginas 261, 347 y 385).

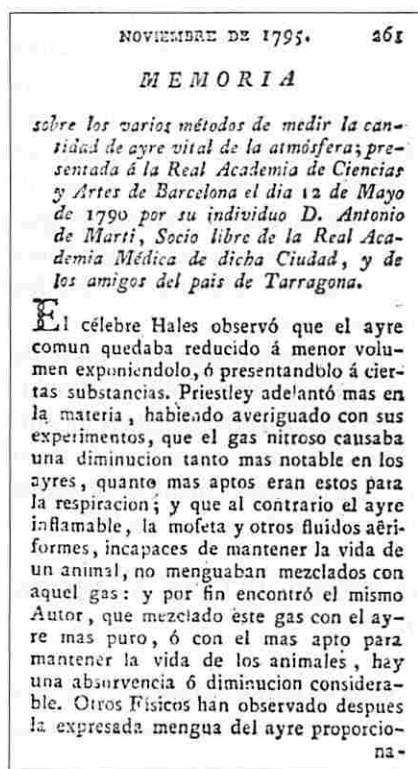


Figura 4. Primera página de la Memoria de Antonio Martí y Franqués.

En 1801, el abate Rozier publicó, en el *Journal de Physique* [52, 76], una malísima y amputada traducción que fue la base de dos traducciones posteriores, una alemana en *Gilbert's Annalen* [XIX, 389 (1805)], y otra inglesa en el *Philosophical Magazine* del mismo año. Estas tres publicaciones aseguraron la difusión del trabajo de Martí, de tal modo que fue mencionado en las obras de Chaptal y de Berthollet. La rectificación de los errores y las deficiencias se debe a Jean-Baptiste Biot, quien escribió

en 1806 una detallada carta a Claude-Louis Berthollet, que fue publicada en los *Annales de Chimie* [61, 271 (1807)], en la que relataba su visita al 'excelente observador Monsieur de Marty' en Altafulla con ocasión de su estancia en Cataluña para la medición, en la prolongación del meridiano de París, del arco de meridiano entre Barcelona y Formentera (incidentalmente este viaje resultó muy accidentado, pues el ayudante de Biot, que era nada menos que Dominique-François-Jean Arago, dio con sus huesos en la cárcel de Mallorca, al tenerle la autoridades por espía de la Marina Francesa).

## EXPERIMENTOS DE MARTÍ Y FRANQUÉS

La carta de Biot expresa muy claramente el contenido de la Memoria, a la que llama la *Eudiometría*. Si Biot escribiera hoy en día diría que es un *Manual de Buenas Prácticas Eudiométricas* porque su contenido es precisamente eso: una ponderada exposición de lo que se debe hacer en el laboratorio y, sobre todo, un magnífico uso del sentido crítico que debe tener un químico experimental. Martí, que no había tenido maestros, había aprendido mucho y bueno de los que había leído y sabía utilizar ese conocimiento como se verá a continuación.

Un eudiómetro (del griego *eúdia*, tiempo sereno, y *métron*, medida) es un instrumento que sirve para hacer análisis volumétricos de mezclas de gases mediante el empleo de reactivos absorbentes o por medio de una reacción provocada por la chispa eléctrica. La medida se hacía, sobre la base de la aditividad de volúmenes, mediante una probeta graduada en la parte superior del aparato. El eudiómetro era, y es, un aparato peligroso de utilizar; si los modelos primitivos basados en la reacción de gases con absorbentes más o menos selectivos podían causar perjuicios a los operadores, los posteriores modelos de Volta o de Gay-Lussac, en los que la chispa eléctrica era la que desencadenaba la reacción, fueron, durante todo el siglo XIX, arti-

lugios extremadamente peligrosos para cuya utilización solamente había que confiar que la buena suerte de los operadores, que la calidad del vidrio del que se construía el cuerpo principal fuera óptima, que las uniones con la base y las partes metálicas estuvieran en buen estado, y que las llaves metálicas de cierre aseguraran que no se produjeran pérdidas de gases pudieran ofrecer una cierta confianza en su uso. Por supuesto, cada vez que el instrumento se utilizaba, su vida útil se acortaba peligrosamente y la posibilidad de accidente quedaba asegurada en el futuro. El empleo del eudiómetro ha dejado en la Historia de la Química una larga nómina de accidentes, casi todos relacionados con la pérdida de visión de los experimentadores. Francisco Carbonell, en España, y Joseph-Louis Gay-Lussac, en Francia, son dos insignes tuertos por accidente de laboratorio ocurrido trabajando con gases. Pero Martí, cuyo ojo izquierdo tampoco estaba muy sano, manejaba el instrumento con soltura.

Martí conocía, como ya se ha dicho aquí, las experiencias anteriores que habían conducido a establecer la composición binaria del aire atmosférico. Pero todas esas investigaciones habían sido exclusivamente semicuantitativas. Ni siquiera Lavoisier, que emprendió la investigación cuantitativa, había sido capaz de llegar más lejos (caps. III y IV de la primera parte del *Traité*) y proponía la proporción de aires respirable y mefítico de 27 y 73, valores aceptables para la época, pero no buenos, a pesar de utilizar para la medida su excelente y preciso gasómetro.

Martí, que va a utilizar un eudiómetro de absorción en su experimento, adopta una postura crítica ante el problema de determinar las proporciones. Conoce que la mofeta (nitrógeno) es incapaz de combinarse con el agua, pero se plantea un problema para el que él no tiene entonces solución: el oxígeno absorbido en el eudiómetro ¿formará un ácido?, y si lo hace ¿cuál será este ácido?. Aquí está presente la teoría de la acidez de Lavoisier que

en 1788 ya había sido rechazada en España por Juan Manuel de Aréjula (1755-1830) en su obra *Reflexiones sobre la nueva Nomenclatura Química propuesta por M. de Morveau, de la Academia de Ciencias de Dijon, y MM. Lavoisier, Berthollet, y de Fourcroy, de la Real Academia de Ciencias de París, dirigidas a los Químicos Españoles*. Ante el problema del oxígeno Martí no adopta ninguna posición y confía en que el tiempo y la experiencia le darán la solución del problema. Lamentablemente, ni el tiempo ayudó ni él prosiguió los experimentos.

Martí descartó para su experimento el recurrir como absorbente del oxígeno en el eudiómetro a *gas nitroso* (óxido nítrico), tal y como había hecho Priestley, 'por emplearse en ella una materia fluida y elástica'. También rechaza el método de combustión con *aire inflamable* (hidrógeno), porque puede inducir a una pérdida de nitrógeno que falsearía la lectura. Tampoco le gustaba el método de Friedrich Carl Achard (1753-1821) basado en la combustión del fósforo, porque no le parecía que se asegurara que no habría una pérdida de nitrógeno y porque el fósforo no era un reactivo común en los laboratorios.

Finalmente eligió el sulfuro como reactivo, desechando el empleo de una mezcla humedecida de azufre y limaduras de hierro porque el aire vital al combinarse con el azufre daba ácido vitriólico (ácido sulfúrico) que con el hierro producía un poco de aire inflamable (hidrógeno) que se añadía a la mofeta residual en la probeta superior del eudiómetro, falseando por defecto la medida del gas absorbido. La experiencia que Martí había acumulado en sus anteriores estudios sobre la respiración de la pita, le hace recurrir a ensayos con oxígeno puro, que no dejaría residuo de mofeta, para ir eliminando, paso a paso, toda posible fuente de error.

Así escoge una disolución de *sulfureto*, que en este caso es una disolución de sulfuro cálcico (reactivo fácil de preparar y conocido desde la Antigüedad), saturada de mofeta a fin de llegar a resultados constantes y evitar errores evaluables en más del 100% si la cantidad de reactivo es muy grande en comparación con el volumen de aire que se analiza. La justificación es simple; Martí utiliza un eudiómetro de diseño propio constituido por un tubo de cristal de 5 líneas de diámetro (aproximadamente 10 milímetros) y 10 pulgadas de largo (unos 230 milímetros), cerrado

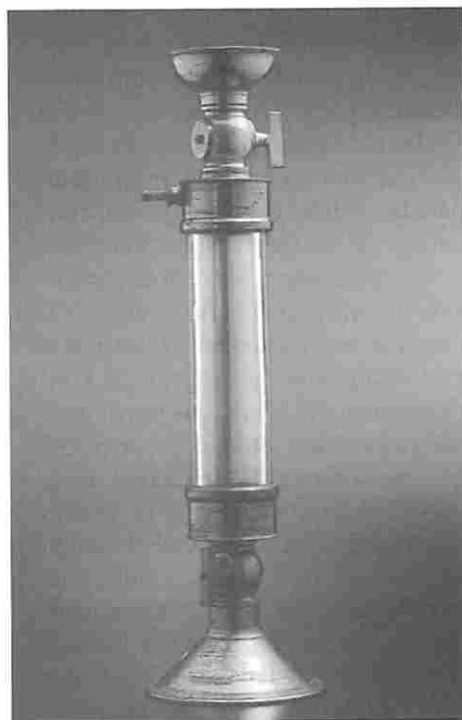
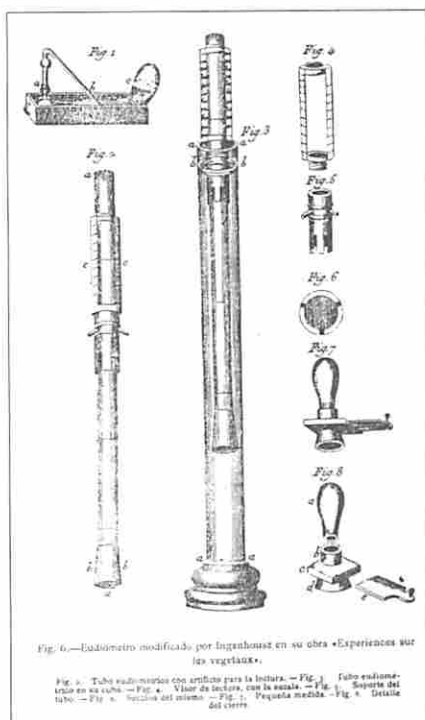


Figura 5. Izquierda. Eudiómetro de Ingenhousz. Derecha: Eudiómetro de Volta.

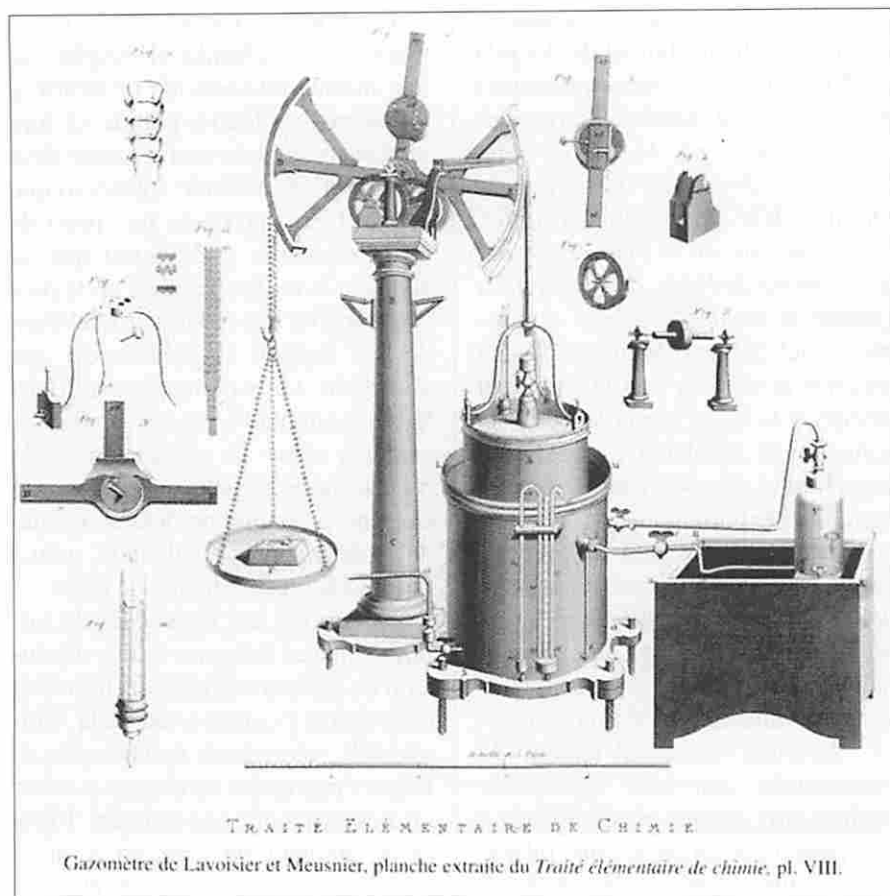


Figura 6. Gasómetro de Lavoisier y Meusnier. Ilustración del *Traité élémentaire de chimie*.

por uno de sus extremos y con una escala dividida en 100 partes iguales. La capacidad del instrumento era de una onza de agua. Este instrumento, mucho más simple que el de Ingenhousz, el modelo de absorción más avanzado en esa época, usa una reacción muy simple: el ión sulfuro es oxidado por el oxígeno del aire a azufre elemental, quedando el nitrógeno libre cuyo volumen es el usado para la medida, conociéndose el contenido de oxígeno por diferencia.

De esta manera alcanza la conclusión química más importante: 100 partes de aire contenían 79 de mofeta y 21 de aire vital, sin llegar a 22. Pero no termina ahí, Martí, que era experimentador muy cuidadoso, expresa que no influye la humedad o la sequedad atmosférica y el estado eléctrico de la atmósfera, ni el tiempo sereno o lluvioso, pues admite, con toda lógica, que todas estas causas han de afectar por igual a los dos componentes. Llega a las mismas conclusiones con respecto a las variaciones de temperatura o de presión, y para hacer comparables las medidas

discurre un artificio para reducir los resultados a la misma base de cálculo, es decir, a lo que ahora se llamaría reducción a condiciones normales.

## CONCLUSIONES

Antonio Martí no solamente fue el precursor del conocimiento cuantitativo de la composición del aire atmosférico, sino también de la bureta de Hempel para el análisis preciso de gases. Pero los traductores de la Memoria no se enteraron de lo más fundamental del trabajo, a pesar de que la carta de Biot establecía, sin lugar a dudas, la prelación de la metodología de Martí sobre los posteriores ensayos, de 1800, de William Nicholson (1735-1815) acerca de la medida de los constituyentes del agua, realizados con un instrumento igual al empleado por Martí, y que se consideró durante un corto tiempo el más simple y seguro.

Y fue durante un corto tiempo porque, a pesar del interés de Biot en explicar la Memoria, hubo mucho más interés en confundir las cosas

interpretando torcidamente los resultados. En su obra *Éléments de chimie* (París, 1800), Jean-Antoine Chaptal llama Macarty a Martí, aunque recoge correctamente el valor numérico de la composición, añadiendo que Volta, usando su eudiómetro, no da más que 20% para el oxígeno; que Berthollet halló 22 y una fracción, y que Davy graduaba en 21% la proporción de oxígeno. Pero en el *Dictionnaire de Chimie* de Martin Heinrich Klaproth y Friedrich Wolff (París, 1810), los valores de Berthollet se achacan a Martí y se transforman a la expresión en peso, a pesar de haber sido dados en volumen, para hacerlos coincidir con los de Lavoisier, y poder asignar la proporción 21:79 a Davy, y a los dos amigos von Humboldt y Gay-Lussac. Klaproth (1743-1817), que tenía fama de persona de maneras suaves y de que corregía los errores de sus colegas con modestia y sencillez, había desplazado el centro de atención a donde le convenía en ese momento; eminente químico analítico, relacionado con los descubrimientos del uranio, circonio, titanio y telurio, no pudo alcanzar una cátedra hasta 1810, y más le valía tener amigos influyentes, como Berthollet, von Humboldt, Davy y la estrella emergente: Gay-Lussac. Esta forma de actuar, discutiblemente ética, no es rara entre algunos editores de revistas, calificadas como 'de prestigio' y existen numerosos, y silenciados ejemplos, el más escandaloso de los cuales fue la desaparición del tercer autor del discutido trabajo donde se describía la fusión fría y que de esa forma quedó exonerado de responsabilidad.

Quedaba otro punto por discutir. Tal vez la conclusión más importante a la que llegó Martí fue admitir la constancia de la composición del aire. Klaproth pasa por alto este punto y recalca que Claude-Louis Berthollet había encontrado las mismas proporciones en Francia que en Egipto y que Alexander von Humboldt y Gay-Lussac habían descompuesto el aire en diferentes épocas y tomado muestras a grandes alturas encontrando que la proporción de oxígeno en la atmósfera no excedía a 0,001 referido al valor



de 21%. Esto se debía a que Joseph Dalton era de la opinión de que la composición del aire tenía que ser variable. La Academia Francesa en 1804 encargó a Gay-Lussac y a Biot estudiar el comportamiento del imán y determinar la composición del aire en grandes altitudes. Los dos investigadores ascendieron sobre París a 4000 m, y más tarde volvió a ascender solo Gay-Lussac 4000 toesas (7796,16 m). Descubrieron que por cada elevación de 174 m la temperatura del aire descendía 1°C, y que la composición del aire no variaba con la altura, tal y como había supuesto Martí. Gay-Lussac se hizo extremadamente popular. A partir de 1808 a Martí ya no le recordaba nadie.

Pero los resultados de Martí, aunque olvidados, siguieron siendo válidos. Cuando se determinó la proporción de dióxido de carbono

en la atmósfera, la corrección debida a este tercer componente era irrelevante. Los valores dados por Martí cambiaron con el descubrimiento del argón en 1894. La composición actualmente admitida para el aire atmosférico es la siguiente:

Resulta evidente que el experimento de Martí se realizó en unas condiciones que se adelantaban a las circunstancias comunes de la práctica en los laboratorios del siglo XVIII. No se sabía lo que era una reacción redox, se admitía que la composición del aire era exclusivamente binaria porque la realidad no se podía ni sospechar en ese tiempo. Actualmente la exactitud de los resultados de Martí sigue siendo envidiable. Ya no se trabaja así, se aplican otros medios experimentales, pero éso es otra historia.

Constituyente	% en volumen	ppm en volumen
N <sub>2</sub>	78,084 ± 0,004	
O <sub>2</sub>	20,946 ± 0,002	
CO <sub>2</sub>	0,033 ± 0,001	
Ar	0,934 ± 0,001	
Ne		18,18 ± 0,04
He		5,24 ± 0,004
Kr		1,14 ± 0,01
Xe		0,087 ± 0,001
H <sub>2</sub>		0,5
CH <sub>4</sub>		2
N <sub>2</sub> O		0,5 ± 0,1

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Gough: "Lavoisier and the Fulfillment of the Stahlian Revolution", *Osiris*, 4, 15 (1988).
- [2] R. Harré: "Grandes experimentos científicos". Editorial Labor. Barcelona (1986).
- [3] Diógenes Laercio. "Vidas de filósofos ilustres". Iberia. Barcelona (2000).
- [4] Antoine Laurent de Lavoisier: "Tratado elemental de Química". Alaguara. Madrid (1982).
- [5] E. Moles: "Del momento científico español 1775-1825". Discurso de ingreso en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. C. Bermejo, Impresor. Madrid (1934).
- [6] "Handbook of Chemistry and Physics", 57 ed. CRC Press, Cleveland (1976-1977).
- [7] J. R. Partington: "A History of Chemistry", Vol. 3. Martino Publishing, Mansfield Centre (1998).
- [8] F. Szabadváry: "History of Analytical Chemistry". Pergamon Press. Oxford (1966).
- [9] R. Taton: "Historia Genral de las Ciencias", Vol. II "La Ciencia Moderna (de 1450 a 1800)". Ediciones Destino. Barcelona (1972).

José Luis Peral

Dpto. de Química Analítica  
Facultad de Ciencias Químicas, UCM

## NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ENSEÑANZA

### Una experiencia educativa: Videoconferencias simultáneas a las tutorías en Análisis Matemático

He decidido redactar este artículo como si me hiciese una entrevista para disponer de la libertad de dar saltos en mi argumentación y conseguir transmitir la idea del momento educativo en el cual me encuentro sin necesidad de cansar al lector en exceso.

ENTREVISTADOR (E): ¿Le parece que empecemos directamente a des-

cribir lo que usted está haciendo con su asignatura? (Análisis Matemático de la Escuela Universitaria de Informática).

PROFESOR (P): Bueno, pero recuerde que no es mi asignatura. Esta asignatura está a cargo del equipo docente formado por Roberto Canogar, José Leandro de María

y un servidor. Todos participamos en la experiencia, aunque a distinto nivel.

E: ¿Está haciendo usted algo nuevo en la UNED?

P: No; claro no. Simplemente hago de forma continua lo que ya hicimos en los últimos cursos de una forma discreta. En realidad teníamos bastante experiencia en la emisión de videoconferencias explicando cuestiones de Matemáticas. Ya hace bastantes años que entramos