

THOMAS KUHN Y EL DESCUBRIMIENTO DEL OXÍGENO.

Miguel Katz

Resumen

En el presente trabajo se analiza la opinión vertida por Thomas S. Kuhn sobre el descubrimiento del oxígeno. A través de los textos originales de los científicos que él menciona, se dan precisiones acerca de los resultados experimentales que llevaron a ese descubrimiento y se contrastan algunos de esos textos con las afirmaciones de Kuhn. En las conclusiones, se da la opinión que, al respecto, sustenta la comunidad química.

1. La opinión de Thomas S. Kuhn

En el Capítulo VI de "La estructura de las revoluciones científicas", Thomas S. Kuhn analizó el descubrimiento del oxígeno y al respecto escribió

El primero de los que se atribuyen el descubrimiento, que preparó una muestra relativamente pura del gas, fue el farmacéutico sueco C. W. Scheele. Sin embargo, podemos pasar por alto su trabajo, debido a que no fue publicado sino hasta que el descubrimiento del oxígeno había sido ya anunciado repetidamente en otras partes y, por consiguiente, no tuvo efecto en el patrón histórico que más nos interesa en este caso.¹ El segundo en el tiempo que se atribuyó el descubrimiento, fue el científico y clérigo británico Joseph Priestley, quien recogió el gas liberado por óxido rojo de mercurio calentado, como un concepto en una investigación normal prolongada de los "aires" liberados por un gran número de sustancias sólidas. En 1774, identificó el gas así producido como óxido nitroso y, en 1775, con la ayuda de otros experimentos, como aire común con una cantidad menor que la usual de flogisto. El tercer descubridor, Lavoisier, inició el trabajo que lo condujo hasta el oxígeno después de los experimentos de Priestley de 1774 y posiblemente como resultado de una indicación de Priestley. A comienzos de 1775, Lavoisier señaló que el gas obtenido mediante el calentamiento del óxido rojo de mercurio era "el aire mismo, entero, sin alteración [excepto que]... sale más puro, más respirable".² Hacia 1777, probablemente con la ayuda de una segunda indicación de Priestley, Lavoisier llegó a la conclusión de que el gas constituía una especie bien definida, que era uno de los dos principales componentes de la atmósfera, conclusión que Priestley no fue capaz de aceptar nunca.

A continuación se preguntó: ¿Fue Priestley o Lavoisier, si fue uno de ellos, el primero que descubrió el oxígeno?

Si bien, Kuhn no admite directamente que el descubrimiento del oxígeno fue hecho por Lavoisier, se lo adjudica por descarte. Scheele lo publicó tan tarde que no tuvo efecto en el patrón históri-

¹ No obstante, véase: "A Lost Letter from Scheele to Lavoisier", de Uno Bocklund, *Lychnos*, 1957-58, pp. 39-62 para estudiar una evaluación diferente del papel desempeñado por Scheele

² B. Conant, *The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775-1789* ("Harvard Case Histories in Experimental Science", Caso 2; Cambridge, Mass., 1950), p. 23. Este folleto, muy útil, reproduce muchos de los documentos importantes.

co (sic) y que Priestley no fue capaz de aceptar nunca la existencia del oxígeno.

2. ¿Qué dijo Priestley respecto del oxígeno?

Una manera de dilucidar la cuestión planteada por Kuhn, es recurrir a las fuentes.

En el Volumen II de “Experiments and Observations on Different Kinds of Air and Other Branches of Natural Philosophy Connected with the Subject” Ed. Thomas Pearson, Birmingham 1790, se incluye el trabajo de Priestley “On Dephlogisticated Air” de 1775. En él dijo que, al conseguir una lente convergente potente pudo realizar la descomposición del óxido de mercurio (II):

With this apparatus, after a variety of other experiments, an account of which will be found in its proper place, on the 1st of August, 1774, I endeavoured to extract air from *mercurius calcinatus per se*; and I presently found that, by means of this lens, air was expelled from it very readily. Having got about three or four times as much as the bulk of my materials, I admitted water to it, and found that it was not imbibed by it. But what surprized me more than I can well express, was, that a candle burned in this air with a remarkably vigorous flame, very much like that enlarged flame with which a candle burns in nitrous air, exposed to iron or liver of sulphur; but as I had got nothing like this remarkable appearance from any kind of air besides this particular modification of nitrous air, and I knew no nitrous acid was used in the preparation of *mercurius calcinatus*, I was utterly at a loss how to account for it.

In this case, also, though I did not give sufficient attention to the circumstance at that time, the flame of the candle, besides being larger, burned with more splendor and heat than in that species of nitrous air; and a piece of red-hot wood sparkled in it, exactly like paper dipped in a solution of nitre, and it consumed very fast; an experiment which I had never thought of trying with nitrous air.

At the same time that I made the above mentioned experiment, I extracted a quantity of air, with the very same property, from the common red precipitate, which being produced by a solution of mercury in spirit of nitre, made me conclude that this peculiar property, being similar to that of the modification of nitrous air above mentioned, depended upon something being communicated to it by the nitrous acid; and since the *mercurius calcinatus* is produced by exposing mercury to a certain degree of heat, where common air has access to it, I likewise concluded that this substance had collected something of *nitre*, in that state of heat, from the atmosphere.

Hoy sabemos que el *mercurius calcinatus per se* y el *precipitado rojo* son la misma sustancia: óxido de mercurio (II). En el primer caso se obtiene por calentamiento del mercurio con aire y en el segundo, por precipitación con álcalis de una solución de nitrato de mercurio (II).

De la lectura, se aprecia que inicialmente, Priestley pensó que al calentar mercurio al aire este se habría combinado con algo de dióxido de nitrógeno (que es un gas oxidante) que estaría presente en la atmósfera.

Como él mismo cuenta, en octubre de 1774 viajó a París en compañía de su amigo Lord Shelburne, llevando una onza de *mercurius calcinatus* de excelente pureza. En una cena con Antoine de Lavoisier, la esposa, Jean-Baptiste Le Roy y otros científicos, Priestley comentó el resultado de su experimento. Priestley escribiría más tarde: “*All the company and Mr. and Mrs. Lavoisier as much as any, expressed great surprise*”.³ Ante la sorpresa de Lavoisier y su esposa, interrumpieron la cena y fueron al laboratorio donde Priestley repitió la descomposición del precipitado *per se* y mostró

³ Priestley, J., (1800): *The Doctrine of Phlogiston Established*, p. 88.

que el gas desprendido aviva la llama de una astilla de madera con un punto de ignición, demostrando, de esta manera, que el gas desprendido — que él bautizaría “aire deflogistizado” — favorece la combustión mucho más que el aire común.

De regreso a Londres, Priestley continuó con sus experimentos encontrando que obtenía el mismo gas a partir del “óxido de plomo rojo” (Pb_3O_4). Continuó con sus experimentos de descomposición del *mercurius calcinatus*, pensando que quizás el gas desprendido fuese óxido nitroso (N_2O). Pero el óxido nitroso es moderadamente soluble en agua por lo que, al recogerlo sobre agua perdería buena parte de su cualidad de avivar la combustión.

In this air, as I had expected, a candle burned with a vivid flame; but what I observed new at this time (Nov. 19), and which surprized me no less than the fact I had discovered before, was, that, whereas a few moments agitation in water will deprive the modified nitrous air of its property of admitting a candle to burn in it; yet, after more than ten times as much agitation as would be sufficient to produce this alteration in the nitrous air, no sensible change was produced in this. A candle still burned in it with a strong flame; and it did not, in the least, diminish common air, which I have observed that nitrous air, in this state, in some measure, does.

But I was much more surprized, when, after two days, in which this air had continued in contact with water (by which it was diminished about one twentieth of its bulk) I agitated it violently in water about five minutes, and found that a candle still burned in it as well as in common air. The same degree of agitation would have made phlogisticated nitrous air fit for respiration indeed, but it would certainly have extinguished a candle.⁴

Fue entonces, en noviembre de 1774, que Priestley se convenció que el gas no era óxido nitroso

These facts fully convinced me, that there must be a very material difference between the constitution of the air from *mercurius calcinatus*, and that of phlogisticated nitrous air, notwithstanding their resemblance in some particulars. But though I did not doubt that the air from *mercurius calcinatus* was fit for respiration, after being agitated in water, as every kind of air without exception, on which I had tried the experiment, had been, I still did not suspect that it was respirable in the first instance; so far was I from having any idea of this air being, what it really was, much superior, in this respect, to the air of the atmosphere.⁵

En marzo de 1775, Priestley ya no tenía dudas que el gas desprendido en la descomposición del óxido de mercurio no era óxido nitroso sino que era un aire más saludable que el aire atmosférico.

I continued from this time (November) to the 1st of March following; [...] But in the course of this month, I not only ascertained the nature of this kind of air, though very gradually, but was led by it to the complete discovery of the constitution of the air we breathe.

Till this 1st of March, 1775, I had so little suspicion of the air from *mercurius calcinatus*, &c. being wholesome, that I had not even thought of applying to it the test of nitrous air...⁶

Mediante experimentos posteriores comprobó que el gas obtenido por descomposición del óxido de mercurio (y del óxido de plomo) se combina en mayor proporción con el óxido nitroso que el aire común. En la concepción de la teoría del flogisto, la oxidación va acompañada por una liberación de flogisto, por lo tanto el oxígeno al oxidar al óxido nitroso captura su flogisto. De allí el nombre “aire deflogistizado”.

⁴ *Experinents ...* pp 106- 107

⁵ *Ibid.* p. 111.

⁶ *Ibid.* p.112.

3. ¿Qué dijo Lavoisier respecto del oxígeno?

Lavoisier demostró gran interés por el experimento de Priestley ya que podía ser de importancia para su teoría sobre la combustión. No obstante ello, en 1775 seguía considerando que el “aire deflogistizado” era aire común de elevada pureza. En efecto, ese año presentó en la Academia el trabajo « Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids » donde expresa sus conclusiones sobre la naturaleza del gas obtenido por la descomposición del mercurios calcinatus:

Après avoir ainsi fixé ces premiers résultats, je n’ai rien eu de plus pressé que de soumettre les 78 pouces cubiques d’air que j’avais obtenus à toutes les épreuves propres à en déterminer la nature, et j’ai reconnu avec beaucoup de surprise:

1° Qu’il n’était pas susceptible de se combiner avec l’eau par l’agitation;

2° Qu’il ne précipitait pas l’eau de chaux, mais qu’il la troublait seulement d’une manière presque insensible;

3° Qu’il ne contractait aucune union avec les alcalis fixes ou volatils;

4° Qu’il ne diminuait en rien leur qualité caustique;

5° Qu’il pouvait servir de nouveau à la calcination des métaux;

6° Enfin, qu’il n’avait aucune des propriétés de l’air fixe: loin de faire périr, comme lui, les animaux, il semblait, au contraire, plus propre à entretenir leur respiration ; non-seulement les bougies et les corps embrasés ne s’y éteignaient pas, mais la flamme s’y élargissait d’une manière très-remarquable; elle jetait beaucoup plus de lumière et de clarté que dans l’air commun; le charbon y brillait avec un éclat presque semblable à celui du phosphore, et tous les corps combustibles en général s’y consumaient avec une étonnante rapidité. Toutes ces circonstances m’ont pleinement convaincu que cet air, loin d’être de l’air fixe, était dans un état plus respirable, plus combustible, et, par conséquent, qu’il était plus pur que l’air même dans lequel nous vivons.⁷

Es decir, estaba convencido que era solo aire común en un estado más respirable, más combustible y, consecuentemente, en un estado más puro.

Recién en 1776, Lavoisier establece que lo que se incorpora al metal en la calcinación es el “aire deflogistizado” de Priestley y que una parte importante del aire común no se combina con el metal. En su trabajo de 1777, « Réflexions sur le phlogistique pour servir de suite à la théorie de combustion et de la calcination » expresó

Dans la suite des mémoires que j’ai communiqués à l’Académie, j’ai passé en revue les principaux phénomènes de la chimie; j’ai insisté sur ceux qui accompagnent la combustion, la calcination des métaux, et, en général, toutes les opérations où il y a absorption et fixation d’air. J’ai déduit toutes les explications d’un principe simple, c’est que l’air pur, l’air vital, est composé d’un principe particulier qui lui est propre, qui en forme la base, et que j’ai nommé *principe oxygine*, combiné avec la matière du feu et de la chaleur. Ce principe une fois admis, les principales difficultés de la chimie ont paru s’évanouir et se dissiper, et tous les phénomènes se sont expliqués avec une étonnante simplicité.⁸

Esto es, Lavoisier, llamó “aire vital” a lo que hoy conocemos como sustancia oxígeno pero, para

⁷ *Mémoires de l’Académie des sciences, année 1775*. p.520.

⁸ Publiée en 1777. *Mémoires de l’Académie des sciences, année 1783*, p. 505.

él no era una sustancia simple sino una compuesta formada por el principio oxígeno, la materia del fuego (luego la llamaría, “la luz”) y el calórico.

En su *Traité Élémentaire de Chimie* (1789) llamó al oxígeno presente en el aire “*air éminement respirable*” y “*air vital*”. Al referirse al descubrimiento del oxígeno dijo “*cet air que nous avons découvert presque en même temps M. Priestley, M. Schéele & moi ...*”⁹

Al nitrógeno, Lavoisier lo llamó primeramente “*mofete atmosphérique*”, luego “*air méphitique*” y más tarde “*azote*”. (El nombre “nitrógeno” fue acuñado por Chaptal en 1790).

4. Los trabajos de Scheele

Carl Wilhem Scheele, había descubierto el oxígeno un año antes que Priestley. No sólo lo obtuvo del *mercurius calcinatus*, sino también calentando dióxido de manganeso con ácido sulfúrico y por descomposición térmica del nitrato de potasio, nitratos de mercurio (II) y de mercurio (I), calentado plata con carbonato de mercurio (I) y otros procedimientos. Su trabajo experimental fue tan amplio que no tuvo ninguna duda de que había descubierto una nueva sustancia. Pero, por problemas con su editor, sus hallazgos se publicaron recién en Upsala y Leipzig en 1777 con el título *Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer*. En la sección octava de su trabajo cuyo título es *Die Luft muss aus elastischen Flüssigkeiten von zweyerley Art, zusammengesetzt seyn*,¹⁰ expuso un conjunto de 8 experimentos mediante los cuales probó que el aire es una mezcla de dos gases: *feuerluft* (oxígeno) y *verdorbene luft* (nitrógeno) y en la siguiente serie de experimentos comprobó las características particulares de cada uno de los gases.

En 1892, fueron encontradas y publicadas las notas del cuaderno de laboratorio de Scheele. (Nordenskjöld: *Scheele, Nachgelassene Briefe*. Stockholm, 1892) donde se comprueba que realizó sus trabajos en 1773 y que afirmó: “*Die gewöhnliche Luft besteht aus zwei Fluida, welche verdorbene Luft und Feuerluft genannt werden können*”¹¹ A partir de entonces, la comunidad química lo reconoce como el descubridor del oxígeno.

El argumento de Kuhn, según el cual hay que pasar por alto el trabajo de Scheele, debido a que fue publicado en 1777 no es muy consistente con sus afirmaciones posteriores ya que, con el mismo criterio, debería pasarse por alto el de Lavoisier, quien recién ese mismo año reconoció al oxígeno como componente del aire.

No es correcto afirmar que Priestley haya *identificado* al oxígeno con óxido nitroso. El había descubierto el óxido nitroso en 1772¹² y conocía sus propiedades. Sabía perfectamente que el óxido nitroso es soluble en agua mientras que el oxígeno que obtuvo es prácticamente insoluble. La comprobación experimental de que el gas desprendido del *mercurius calcinatus* seguía avivando la llama de una vela aún después de pasar por agua, lo hizo descartar esa hipótesis.

Que Priestley, imbuido en la teoría del flogisto, haya considerado al oxígeno como “aire deflogistizado” no invalida el mérito de haber descubierto un gas con propiedades diferentes a las del aire atmosférico. En sus trabajos de 1772, había descompuesto óxido nitroso por calentamiento, obte-

⁹ *Traité...* p. 38

¹⁰ El aire debe estar compuesto de dos fluidos elásticos.

¹¹ El aire común se compone de dos fluidos que pueden llamarse “aire viciado” y “aire ígneo”. Página 79.

¹² El descubrimiento del óxido nitroso y sus propiedades están exhaustivamente descriptos en su *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*. Vol I. Thomas Pearson, Birmingham (1790) pp. 328 – 411.

niendo nitrógeno prácticamente puro. Por lo tanto, conocía muy bien las propiedades del nitrógeno, — al que bautizó “aire flogistizado” — como para poder diferenciarlo del oxígeno.

Debe notarse que en el período 1773 – 1777, la teoría del flogisto constituía lo que Kuhn llamaría “el paradigma vigente”. No es de extrañar, entonces, que los científicos de la época trataran de adecuar sus descubrimientos experimentales a ese paradigma. En esos años, el mismo Lavoisier no rechazaba la teoría del flogisto sino que consideraba que los procesos de calcinación y combustión se explicaban mejor mediante su hipótesis de la combinación con el aire. Sólo a partir de 1784, cuando Cavendish descubre que el agua no es una sustancia simple sino que está formada por “aire deflogistizado” y “aire inflamable” (hidrógeno) comienza a producirse la llamada “Revolución Química” que cambiaría el paradigma del flogisto por el de Lavoisier.

En cuanto a la afirmación de Kuhn de que el oxígeno es “uno de los dos principales componentes de la atmósfera, conclusión que Priestley no fue capaz de aceptar nunca”, debemos hacer notar que carece de fundamento. En muchísimos trabajos posteriores a los de 1775, Priestley sostiene que el aire atmosférico es una mezcla de dos componentes. “aire deflogistizado” (llamado aire vital o aire eminentemente respirable por Lavoisier) y “aire flogistizado” (llamado aire mefítico o azote por Lavoisier). La denominación empleada por Priestley siguió vigente hasta mediados de la década de 1790 y fue utilizada, inclusive, por químicos como William Higgins quien demolió experimentalmente la teoría del flogisto.

Conclusión

De lo expuesto, resulta evidente que fue Carl Wilhelm Scheele el primero en separar el oxígeno y el nitrógeno del aire, en darse cuenta que el aire no es una sustancia sino una mezcla de dos “fluidos elásticos” a la vez que hacer un estudio exhaustivo de las propiedades de ambos componentes. Priestley obtuvo el oxígeno en 1774 y recién en 1775 se convenció que no era óxido nitroso y que era una sustancia que formaba el aire atmosférico. Lavoisier se enteró del descubrimiento de Priestley en 1774 y en 1775 seguía considerando al oxígeno como “aire más puro”, es decir, no sabía que las 4/5 partes del aire atmosférico son nitrógeno.

Que los trabajos de Scheele hayan sido publicados en 1777 no influyó mucho en las opiniones de la comunidad química de la época, especialmente en la francesa, ya que el reconocimiento de Lavoisier sobre la naturaleza del “aire vital” data de la misma época. Y si este fuera el caso, el mérito del descubrimiento habría que adjudicarlo a Priestley. Pero la nobleza intelectual de una comunidad científica, obliga al reconocimiento cuando se presentan pruebas irrefutables. El hecho de que en 1892 se publicase el cuaderno de notas de Scheele ha hecho que la comunidad química lo acepte como el descubridor del oxígeno y, desde hace más de un siglo, así figura en todos los textos de Química.

Por último, considero que la formulación de una hipótesis errónea acerca de un resultado experimental no invalida ni disminuye el valor de dicho resultado. Joseph Priestley fue un extraordinario experimentador. A él se le debe, entre otros, el descubrimiento del dióxido de carbono y la elaboración del agua carbonatada, al descubrimiento de óxido nitroso, del nitrógeno, de que en la síntesis del “aire inflamable” y el “aire deflogistizado” se forma agua, etc. Pero buena parte de las teorías e hipótesis que elaboró a partir de sus experimentos fueron erróneas. De hecho, toda teoría nace provisoria y muere cuando es reemplazada por otra que explica lo que ella no puede explicar y tiene mayor poder predictivo.

Bibliografía

Kuhn, T.S. (1971) : *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.

Lavoisier, A. L., (1775) : « Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids » *Mémoires de l'Académie des sciences, année 1775*. p.520.

Lavoisier, A. L., (1777): « Réflexions sur le phlogistique pour servir de suite à la théorie de combustion et de la calcination », *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1783, p. 505.

Lavoisier, A. L., (1789): *Traité Élémentaire de Chimie*, Tome Premier, Cuchet, Librairie. Paris.

Priestley, J., (1790): *Experiments and Observations on Different Kinds of Air and Other Branches of Natural Philosophy Connected with the Subject*, Vol. I. Thomas Pearson, Birmingham.

Priestley, J., (1790): *Experiments and Observations on Different Kinds of Air and Other Branches of Natural Philosophy Connected with the Subject*, Vol. II. Thomas Pearson, Birmingham.

Priestley, J., (1800): *The Doctrine of Phlogiston Established and that of the Composition of Water refuted*, Kennedy, Northumberland, Pennsylvania.

Scheele, C. W., (1777): *Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer*, Verlegt von Magn. Swederus, Buchhändler, Upsala und Leipzig.

Scheele, C. W.,(1892): *Nachgelassene Briefe Und Aufzeichnungen*, A.E. Nordenskiöld, Stockholm.