

01095



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSOFICAS

FUEGO Y VIDA FUENTES DEL PENSAMIENTO QUIMICO DE BUFFON

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORA EN FILOSOFIA DE LA CIENCIA

PRESENTA:

VIOLETA ARECHIGA CORDOVA

ASESOR:

DR. CARLOS LOPEZ BELTRAN



MEXICO, D. F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Viola Beatriz
Aréchiga Córdova

FECHA: 14 - junio - 2004

FIRMA: Viola Aréchiga

FUEGO Y VIDA
Fuentes del pensamiento químico de Buffon

VIOLETA ARÉCHIGA CÓRDOVA

CONTENIDO

Introducción	2
PRIMERA PARTE	10
1 La química buffoniana y la historia natural	11
1.1 El anacronismo de la química buffoniana	15
1.2 Filosofía química, filosofía natural e historia natural	17
Recapitulación	25
2 Elementos	27
2.1 Teoría de los cuatro elementos	29
2.2 Raíces de la química renacentista	30
2.3 Paracelso	34
2.4 Van Helmont	40
2.5 Paracelsianismo e iatroquímica	44
2.6 Alquimia en el siglo XVII	49
2.7 Mecanicismo	52
2.7.1 La materia cartesiana	55
2.7.2 La figura de las partículas	57
2.7.3 El problema de la transdición	61
2.8 Newton	71
Recapitulación	77
3 Afinidades	79
3.1 Animismo	81
3.2 Fuerzas	86
3.3 Escepticismo	90
3.4 Newtonismo	93
3.5 Atracción y repulsión	99
3.5.1 Gran Bretaña	99
3.5.2 Holanda	104
3.5.3 Francia	108
3.5.4 Especulaciones	110
3.5.5 Cuantificación	114
3.6 Flogisto	118
3.7 Buffon	130
3.7.1 La ley del cuadrado inverso	131
3.7.2 Los elementos	137
3.7.3 Macquer y Guyton	144
3.7.4 El fin de una era	148
Conclusión	149
SEGUNDA PARTE	155
4 Aire, fuego y vida	156
4.1 Azufre y Pneuma	158
4.2 Espíritu aéreo vital	160
4.3 Aire, fuego, azufre	171
4.3.1 Criaturas y partículas de fuego	172
4.3.2 Partículas nitro-aéreas	179
4.3.3 Instrumentalismo	184
4.3.4 Éter	187
4.4 Hales (el aire)	197
4.5 Buffon (el fuego)	213
Conclusión	236
Consideración final	241
Bibliografía	246

The challenge facing the historians of Buffon's thought is whether to accept [his] contradictions and tensions at face value, as signs of incoherence and lack of system, or to render these contradictions only apparent, to be reconciled by some underlying unifying principles. Regrettably, these unifications rarely can claim to be more than hypothetical constructs of the historian, to be assessed in terms of their utility in explaining the diverse aspects of the Buffon corpus. [Sloan, 1994]

Introducción

George-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) produjo una amplísima historia natural, publicada en más de treinta volúmenes a lo largo de casi cuarenta años. Los primeros tres tomos aparecieron en 1749 e incluían *Histoire et Théorie de la Terre*, *Histoire Générale des Animaux* e *Histoire Naturelle de l'Homme*. En el segundo de estos volúmenes, y partiendo de una comparación general entre animales, vegetales y minerales, expuso una de sus teorías más sorprendentes. Así como las sales y otros minerales estaban conformados por partículas semejantes entre sí y semejantes al todo que constituían, los animales y vegetales eran cuerpos orgánicos compuestos por partes “primitivas” que eran también orgánicas y parecidas entre sí:

Cela nous conduit à croire qu'il y a dans la Nature une infinité de parties organiques actuellement existantes, vivantes, & dont la substance est la même que celle des êtres organisés [...] & que comme il faut peut-être des millions de petits cubes de sel accumulez pour faire l'individu sensible d'un grain de sel marin, il faut aussi des millions de parties organiques semblables au tout, pour former un seul des germes que contient l'individu d'un orme ou d'un polype.¹

La hipótesis de las moléculas orgánicas, vivas por sí mismas y constituyentes de todos los seres vivos, no se vinculaba en este contexto a ninguna historia; su número era indeterminado y su origen no aclarado. Sin embargo, treinta años después —en *Époques de la Nature*— y en el marco proporcionado por una historia lineal de la Tierra en la que el factor principal es el enfriamiento de nuestro planeta, Buffon presentó otra perspectiva desde la cual estas moléculas no sólo tenían un número fijo, sino, además, se habían originado en un momento determinado del pasado del globo terráqueo. Y ello porque el enfriamiento de la Tierra hizo posible la precipitación de ciertas materias que, a su vez, habían dado lugar a las moléculas orgánicas; se trataba de materias inorgánicas, esenciales para la vida, que se caracterizaban por ser “aqueuses, huileuses & ductiles”.²

Esta afirmación sembró en mí la curiosidad que desencadenó este trabajo: tratar de entender por qué Buffon sostuvo en 1778 que entre los componentes de las moléculas orgánicas se hallaba una cierta “materia aceitosa”. Como primer recurso acudí a uno de los autores más importantes, quizás el más importante, que se han ocupado de Buffon —Jaques Roger— y me encontré con una afirmación suya en el sentido de que la química buffoniana debía haber aparecido anacrónica

¹ Buffon, “Histoire Générale des Animaux” (1749) en *Œuvres Philosophiques*, Jean Piveteau (ed.), PUF, Paris, 1954, p. 239.

² Buffon, “Époques de la Nature” (1778) en *Œuvres Philosophiques*, *op. cit.*, p. 175.

aun para sus contemporáneos.³ Y es que, en efecto, cuando se leen los escritos de Buffon acerca de química, resulta sorprendente en primera instancia el que critiquen fuertemente la teoría química predominante en su momento, la teoría del flogisto, y el que concedan un sitio central a la concepción de la materia en términos de fuego, aire, agua y tierra,⁴ es decir, a una teoría que luego de la revolución científica del siglo XVII, es de suponer que el siglo XVIII habría abandonado junto con el resto del aristotelismo. Pero frente al punto de vista de Roger vale la pena notar el hecho de que, paralelamente a esa exposición, Buffon proponga todo un programa para la química, indudablemente inspirado por Newton, cuyo objetivo es la cuantificación de las afinidades que desde la antigüedad se creía existían entre los elementos.⁵ Como en el caso de la teoría de la Tierra buffoniana —en la que algunos investigadores ven una conjunción de ambiciones cartesianas y de recursos newtonianos⁶— parecía más bien que Buffon combinaba en su química nociones tradicionales con propuestas novedosas.

Surgieron así una serie de preguntas que se sumaron a mi curiosidad inicial: en la medida en que la química buffoniana forma parte de su ambicioso proyecto de historia natural, se presentaba la cuestión de los límites del dominio de la química y las relaciones entre estos dos campos de estudio; por otro lado, la comprensión de lo nuevo y lo viejo en el pensamiento de Buffon suponía hallar respuestas en torno a la concepción de los elementos y a la teoría de las afinidades en la historia de la química; asimismo, se planteaba el problema de la forma en que la visión buffoniana se relacionaba con la teoría química que ocupaba un lugar sobresaliente en la Francia de mediados del siglo XVIII, esto es, la teoría del flogisto.

En el intento de aproximarnos a una posible respuesta a estas cuestiones veremos que las líneas que separaban campos de conocimiento como filosofía natural, historia natural y química eran en el siglo XVIII más bien difusas y que en este marco surgió una perspectiva histórico natural (adoptada por Buffon) que exigía, para la comprensión cabal de un objeto, la descripción de este aunada a una historia de su formación (capítulo I). La breve revisión que a continuación hacemos de algunas concepciones de los elementos, nos permitirá advertir no sólo los agudos problemas

³ Roger Jaques, *Buffon, un Philosophe au Jardin du Roi*, Fayard, Paris, 1989, pp. 513-516.

⁴ Buffon, "Des Éléments" (1774), en *Œuvres Philosophiques*, *op. cit.*

⁵ Buffon "Seconde vue" (1765) en *Œuvres Philosophiques*, *op. cit.*

⁶ Entre ellos Hodge M. J. S. "Two Cosmogonies (Theory of the Earth and Theory of Generation) and the Unity of Buffon's Thought" en Gayon Jean (ed.), *Buffon 88*, VRIN, Paris, 1992; Donovan Arthur, "Buffon, Lavoisier and the Transformation of French Chemistry", en Gayon (ed.), *Buffon 88*, *op. cit.*

que en este terreno se presentaban, sino también las diversas preferencias de los químicos en este sentido, y que la introducción del concepto de fuerzas atractivas y repulsivas, realizada por Newton, condujo a encarar de una nueva manera la cuestión de los elementos a la vez que dio un nuevo impulso a la teoría de las afinidades (capítulo 2). Una ojeada a esta última teoría y sus antiguas raíces nos ayuda a situar tanto a la química flogística como al programa buffoniano de cuantificación de afinidades, y muestra la relación entre la teoría del flogisto y la de las afinidades, por un lado, y entre aquella y el resurgimiento de la teoría de los cuatro elementos, por el otro, así como la forma en que Buffon retoma aspectos de la química tradicional y de la newtoniana (capítulo 3). Si quizás este somero recorrido histórico da como resultado una reevaluación de la química buffoniana, es necesario a continuación hacer otro que nos permita finalmente abordar la cuestión que era nuestra preocupación original: la relación entre lo “aceitoso” y la vida en Buffon. Y es que se establecieron desde muy antiguamente curiosas vinculaciones entre azufre, inflamabilidad, materia activa, aire y fuego y son estas vinculaciones las que permiten una probable solución a nuestro problema (capítulo 4).

Con todo esto esperamos mostrar en la primera parte de esta tesis que la química buffoniana no era de ningún modo anacrónica. Al contrario, era parte de una perspectiva genética y totalizante que si bien ciertamente tenía su origen en el Renacimiento y la obra paracelsiana, había resurgido y cobrado nueva fuerza en el siglo XVIII con una amplitud de miras que no la distinguía tajantemente de la filosofía natural reinante durante dicho periodo. Pero esto no es todo: en la historia de la teoría de los elementos y sus afinidades, de manera similar, encontraremos que la antigua teoría de los cuatro elementos había sido retomada por varios investigadores contemporáneos de Buffon a la luz de conceptos novedosos proporcionados, por un lado, por la teoría del flogisto y, por otro, por la teoría newtoniana de las fuerzas entre partículas. En el caso específico de las ideas químicas de Buffon, encontramos huellas de nociones que, a lo largo de la historia de la teoría de los elementos, fueron apareciendo paulatinamente y que, lejos de ir sustituyéndose las unas a las otras de manera lineal, se sumaron, combinaron y tradujeron a nuevos lenguajes —por ejemplo el newtoniano—. Lo mismo ocurre en el terreno de la teoría de las afinidades; aquí, las viejas ideas de simpatías, antipatías, analogías, etc., fueron retomadas y adaptadas durante el siglo XVIII al lenguaje newtoniano de fuerzas entre partículas. Al lado de esta continuidad, resalta lo novedoso; de hecho, en este terreno Buffon propuso un programa de cuantificación de las afinidades que tuvo importantes seguidores.

En la segunda parte de esta tesis esperamos mostrar que la vacilante, pero muy novedosa propuesta del surgimiento de la vida a partir de la materia inorgánica hecha por Buffon encuentra su explicación justamente en la antigua tradición de concepciones alrededor del elemento fuego. En el pensamiento buffoniano acerca de este tema parecen enlazarse la materia activa de los estoicos, el azufre paracelsiano y el flogisto stahliano por lo menos. Las ideas de Buffon acerca del fuego y del aire son quizás el sitio en que destacan mejor las continuidades y novedades de su pensamiento químico.

Este pensamiento no ha sido prácticamente estudiado, exceptuando algunas páginas de *Buffon, un philosophe au Jardin du Roi* y de “Chimie et biologie: des «molécules organiques» de Buffon à la «physico-chimie» de Lamarck”, ambos de Jacques Roger,⁷ quien se ocupó durante casi cuatro décadas de estudiar a Buffon. Sus obras acerca de este pensador incluyen cerca de veinte artículos acerca de Buffon en particular, además de la bibliografía compilada para la colección de materiales filosóficos buffonianos que editó Jean Piveteau (1954), la edición crítica de *Époques de la Nature* (1962) y *Buffon...*, la biografía académica ya mencionada (1989).⁸ Con estos estudios Roger logró darle un lugar a Buffon como figura importante en la historia intelectual y de la ciencia del siglo XVIII, en contraste con la visión que lo consideraba meramente, a la manera bachelardiana, un pensador precientífico.⁹ Y es que justamente una de las características que destacan a Roger como historiador de la ciencia es su puesta en práctica de la idea de que “l'historien des sciences a compris que son rôle, comme celui de tout historien, est de comprendre, non de juger”.¹⁰ En este sentido critica al historiador de los problemas que escribe historias teleológicas, esto es, historias que conducen a la solución actual del problema o la posición actual respecto a este. Para Roger, en este tipo de historias se evalúa constantemente la ciencia del pasado y se le interpreta a la luz de un porvenir que esa ciencia no conocía, suponiendo con frecuencia erróneamente —además— que el problema en cuestión existía ya en el pasado, planteado en los mismos términos que en el presente. Se trata de una historia presentista que produce un rompimiento entre un cierto conjunto de hechos e ideas y la trama histórica a la que

⁷ Roger Jacques, *Buffon...*, *op. cit.*, y “Chimie et biologie: des «molécules organiques» de Buffon à la «physico-chimie» de Lamarck” en Roger, *Pour une Histoire des Sciences à Part Entière*, Albin Michel, Paris, 1995.

⁸ Ver la bibliografía de Roger que aparece en *Pour une Histoire...*, *op. cit.*

⁹ Ver Sloan Philip R., “Buffon Studies Today”, *History of Science*, vol. 31, part 4 no. 98, diciembre 1994 y Roger, *Buffon...*, *op. cit.*, p. 10.

¹⁰ Roger, *Buffon...*, *op. cit.*, p. 11.

pertenece, imponiéndole de ese modo una racionalidad ajena a él. Como resultado, ese conjunto de hechos e ideas se subsume bajo una lógica que le es extraña pero que responde a los requisitos de mitos como el del progreso lineal de la ciencia. En contraste con este tipo de historia de la ciencia, Roger afirma entonces que el problema de la verdad científica le compete al científico, al filósofo o al sabio, pero no al historiador. Aunque los conocimientos modernos pueden ayudarnos a comprender el pasado, no deben usarse como principio organizador de una reconstrucción histórica ni como criterios de juicio, de condenación, de la ciencia del pasado. El juicio de valor no debe sustituir al análisis histórico porque “la volonté de juger empêche souvent de comprendre” y “le projet d’une histoire historienne des sciences est de comprendre le passé dans ses propres termes”.¹¹

Esta voluntad de Roger de “comprender el pasado en sus propios términos” le permitió precisamente situar a Buffon como un autor que transformó la manera de entender la naturaleza; que, en contraste muchas veces con posiciones de contemporáneos suyos, propuso nuevas preguntas, abriendo nuevos campos de investigación y sugiriendo una nueva manera de concebir la historia natural. Y Roger hizo esto adoptando, además, una postura ante la historia de la ciencia que podríamos llamar gradualista; es decir, una postura que más que teorizar acerca de grandes rupturas enfoca desplazamientos sutiles. Sin negar la existencia de revoluciones en ciencia, matizó los cambios que la idea de revolución implica, buscando poner de relieve el peso de las herencias conceptuales. De ahí, por ejemplo, una de sus afirmaciones ante la revolución química de Lavoisier:

Il est facile d’opposer la physique aristotélicienne à celle de Newton, ou la chimie du phlogistique à celle du XIX^e siècle. Mais la «révolution chimique» à laquelle on attache le nom de Lavoisier est un phénomène complexe, qui a duré des dizaines d’années et fait intervenir beaucoup de savants et d’œuvres souvent contradictoires.¹²

Es debido a estas características de la historia de la ciencia escrita por Roger, y en particular debido a esta descripción suya de la revolución química como fenómeno extendido en el tiempo y no puntual, que resulta en extremo sorprendente encontrar en las páginas que dedicó al pensamiento químico de Buffon la idea de que ese pensamiento es anacrónico. En este sentido leemos que

C’est par la généralité des questions discutées autant que par son style d’exposition que Buffon est anachronique. Au lieu de se poser un problème limité et de tenter de le résoudre par

¹¹ Roger, “Pour une Histoire...”, *op. cit.*, pp. 54 y 66.

¹² Roger, *ibidem*, p. 53.

l'expérience, comme on le fait de plus en plus en cette fin de siècle, il utilise ses expériences comme un tremplin pour une méditation sur la Nature en général.¹³

Y asimismo:

Le caractère étonnamment vague et archaïque du vocabulaire «chimique», dans un texte contemporain des travaux de Lavoisier, montre clairement que Buffon est étranger au monde des chimistes de son temps. «Aqueuses», «huileuses», «balsamiques» ou «ductiles» sont des épithètes qui évoquent davantage des consistances physiques ou des images vagues, plutôt que la composition chimique de la matière.¹⁴

Roger pareciera estar reprochando a Buffon no estar al tanto de una revolución química que, según sus propias palabras, duró decenas de años, y no poner en práctica la nueva manera de hacer ciencia que se impondrá durante el siglo XIX. De hecho, compara la postura y el vocabulario químicos de Buffon con los del nuevo estilo de hacer ciencia y en esta comparación el historiador natural queda situado en el lado erróneo de la demarcación entre especulación y ciencia. Esto no sólo contrasta con la postura historiográfica general de Roger sino que refleja, desde mi punto de vista, una tendencia, muy común en la historiografía de la química del siglo XVIII, a centrarse en la obra de Lavoisier y en los cambios que esta obra trajo consigo. Para citar solamente un ejemplo, en *Ambix (The Journal of the Society for the History of Alchemy and Chemistry)* de veintinueve artículos publicados entre 1978 y 2003 acerca de la química del siglo XVIII, quince tratan de algún modo de la revolución química y un tercio del total se dedica específicamente a Lavoisier. Esto parece indicar la persistencia en alguna medida, todavía, del “mito fundador” de la historiografía positivista-whig, que, en primer lugar, señala a Lavoisier como fundador de la química moderna y contrasta su postura, considerada científica, con la de una química previa cuyo modo de discurso era metafísico y especulativo; y que, en segundo lugar, subraya la existencia de una profunda ruptura epistemológica entre la teoría del flogisto y la del oxígeno.¹⁵ En gran medida la historia de la química del siglo XVIII continúa escribiéndose en relación a y alrededor de Lavoisier y la revolución química y no, al parecer, por derecho propio. Este ha sido claramente el destino de la teoría del flogisto, considerada con tanta frecuencia solamente como un obstáculo en el progreso

¹³ Roger, *Buffon...*, *op. cit.*, p. 516.

¹⁴ Roger, “Chimie et biologie...”, *op. cit.*, p. 261.

¹⁵ Ver John G. McEvoy, “Positivism, Whiggism, and the Chemical Revolution: A Study in the Historiography of Chemistry”, *History of Science*, vol. 35, no. 107, 1997.

lineal de la química que, desde la perspectiva positivista-whig “debió haber ido” directamente de Boyle, considerado como padre de la definición moderna de elemento, a Lavoisier.¹⁶

La apreciación de Roger acerca de las ideas químicas de Buffon se acerca mucho al tipo de juicios propios de la historiografía positivista-whig. Y es que solamente si se piensa en una clara y tajante demarcación entre lo científico y lo especulativo, sólo si se piensa además en la revolución química como una ruptura súbita y radical con el pasado, puede considerarse anacrónica la química buffoniana. Lo que se le reprocha a Buffon es no ajustarse a un nuevo modo de hacer ciencia que en efecto Lavoisier ha comenzado a poner en práctica pero no se ha generalizado todavía; al que le dará nombre y figura únicamente con el paso del tiempo. Si, en cambio, rastreamos las fuentes conceptuales de la postura y el vocabulario químicos de Buffon estaremos en posición no de hacer un juicio, sino de comprender las razones por las cuales adoptaba esa postura y ese vocabulario.

Me parece que este es un tema importante por varias razones. En primer lugar, como ya señalé, prácticamente no ha sido estudiado. El terreno de historia de la química en el que suelen encontrarse referencias a Buffon es el de la teoría de las afinidades y en estos trabajos su nombre, si aparece, es en asociación con el de Macquer o el de Guyton y no por derecho propio.¹⁷ El resto de la historia de la química lo ignora y esto debido quizás no solamente al hecho de que Buffon hizo poco en química, sino también al de que no propuso nada que condujera a la revolución en ese campo. Pero evaluadas por sí mismas y en relación a sus fuentes conceptuales las ideas químicas de Buffon son en extremo interesantes; como dije antes combinan en formas originales tradiciones de gran peso y propuestas más novedosas. Tomar en cuenta la química de Buffon nos permite comprender asimismo algunas características de su vasta empresa histórico-natural y en particular dos de sus propuestas: que la vida haya podido originarse a partir de materia no viva y que esta materia viva poseyera un carácter aceitoso. Y la historia de la ciencia que no juzga la

¹⁶ Cito solamente dos ejemplos muy conocidos: la afirmación de Partington “We should [...] leave the path of true discovery opened out by Boyle, Hooke and Mayow for the jungle of the Theory of Phlogiston” (J. R. Partington, **A Short History of Chemistry**, Dover Publications Inc., New York, 1989, p. 84) y Butterfield, quien se refiere a la revolución química como una revolución “postpuesta” (Herbert Butterfield, **Los orígenes de la ciencia moderna**, CONACYT, México, 1981, capítulo 11).

¹⁷ Por ejemplo en Arnold Thackray, **Atoms and Powers**, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1970; Mi Gyung Kim, **Affinity, that Elusive Dream**, MIT Press, 2003; Trevor H. Levere, **Affinity and Matter**, Clarendon Press, Oxford, 1971; Alistair Duncan, **Laws and Order in Eighteenth-Century Chemistry**, Clarendon Press, Oxford, 1996; Evan M. Melhado, “Scientific biography and Scientific Revolution”, **Isis**, vol. 87, no. 4, Diciembre 1996.

validez de las ideas de los personajes que aborda debiera ocuparse no sólo de las teorías que tuvieron éxito o condujeron al avance científico, sino también de las teorías que han sido desechadas por la ciencia moderna, a fin de “comprender el pasado en sus propios términos” en la medida de lo posible. Finalmente, la investigación en torno al supuesto anacronismo de la química buffoniana y el surgimiento de las moléculas orgánicas a partir de materia no-viva y aceitosa nos permite ver continuidades que la historia tradicional no suele poner de relieve; por ejemplo la forma en que un newtoniano convencido —impulsor de un programa de investigación en química de gran importancia a fines del siglo XVIII— podía apropiarse de la antigua concepción del fuego como materia activa.

Primera parte

1 La química buffoniana y la historia natural

Como los dos primeros volúmenes de la *Histoire Naturelle* —útilados *Histoire et Théorie de la Terre e Histoire Générale des Animaux*— revelan, Buffon se hallaba comprometido desde el inicio de su carrera con dos cosmogonías: la de la Tierra y la de la generación.¹ Tres décadas después Buffon volvió a ocuparse del primero de estos temas, en sus *Époques de la Nature* y, como Jacques Roger afirma,

On pourrait s'attendre à trouver dans les *Époques de la Nature* un exposé en forme sur la naissance de la vie. Il n'en est rien. Les allusions sont nombreuses, mais toujours indirectes; la question n'est jamais abordée de front.²

Y es que aunque en *Les Époques de la Nature*, texto publicado en 1778, Buffon nos narra una historia de la Tierra en el marco de la cual se presenta necesariamente la cuestión del nacimiento de la vida, su forma de abordar este problema es hasta cierto punto ambigua. En la hipótesis buffoniana, nuestro planeta debe su origen al choque de un cometa contra el sol. El globo, inicialmente en estado de licuefacción, se va solidificando. Durante este proceso de lento enfriamiento las materias volatilizadas en la atmósfera se condensan en su parte más alta y fría, cayendo en forma de lluvia sobre una superficie todavía ardiente y volatilizándose otra vez. Pero poco a poco, al disminuir la temperatura, las materias menos volátiles se depositan sobre la Tierra y, finalmente, esta se encuentra lo suficientemente tibia como para que las lluvias no vuelvan a evaporarse.

Es la tercera época. Luego de 30 o 35 mil años de la formación de los planetas, la Tierra tiene la temperatura adecuada para permitir la condensación del agua y para permitir también que todas las materias volátiles, que el gran calor mantenía suspendidas, se precipiten unas tras otras formando un mar que cubre prácticamente todo el globo. Y es en este momento que se producen una serie de combinaciones químicas, a favor del gran calor. El agua se combina con el aire, la tierra y el fuego, para formar ácidos, sales, etc. Esta fecha marca el comienzo de la formación de las tierras sedimentarias, pero también de la aparición de la vida. Al respecto Buffon afirma:

Toutes les parties aqueuses, huileuses & ductiles qui devoient entrer dans la composition des êtres organisés, sont tombées avec les eaux [...] Les molécules organiques ne sont produites que par la chaleur sur les matières ductiles.³

¹ Hodge, M. J. S., "Two cosmogonies (theory of the earth and theory of generation) and the unity of Buffon's thought", en Gayon Jean (ed.), *Buffon 88*, F VRIN, Paris, 1992.

² Roger Jaques. "Introduction" a *Buffon. Les Époques de la Nature*. Édition critique. Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 1962. p. lxxviii.

Pero, más allá de esta declaración, Buffon parece vacilar ante este tema.⁴ En efecto, luego de haber afirmado que “las partes acuosas, aceitosas y dúctiles” que componen a los seres organizados “se precipitaron” junto con las aguas, y que la acción del calor sobre ellas dio lugar a las moléculas orgánicas, dice que fue sobre esas materias que las moléculas orgánicas vivientes comenzaron a actuar, volviendo a dejar en la oscuridad su origen. Desde el punto de vista de Roger esto se explica porque no era fácil sostener de manera directa ante los teólogos de fines del siglo XVIII que la vida aparece espontáneamente, sin ninguna intervención divina, la cual era precisamente la convicción de Buffon. Para este autor, el nacimiento de la vida en realidad depende de dos cosas solamente: de la precipitación de materias dúctiles, aceitosas, y de la existencia de una temperatura favorable.

Les molécules organiques vivantes ont existé dès que les élémens d'une chaleur douce ont pu s'incorporer avec les substances qui composent les corps organisés.⁵

¿En qué se funda esta convicción? En importante medida, la idea del pasaje espontáneo y natural de la materia bruta a la materia viva se halla vinculada a otras dos concepciones de Buffon: la de la naturaleza y la de la ciencia. En cuanto a la manera en que entendía la ciencia, podemos decir que ya desde 1749 el naturalista francés había expuesto su rechazo a las causas finales y defendido la postulación exclusiva de causas actuales, es decir, de causas en cuya existencia podemos creer en la medida en que todavía las podemos ver actuar.

Por otro lado, si la ciencia exige de la postulación de causas actuales a fin de evitar las hipótesis gratuitas, la ciencia misma es posible en virtud de la constancia de la naturaleza. Para Buffon hacer intervenir un diluvio o un cometa es pensar en una historia de la Tierra sometida a los caprichos de un Dios que no toma en cuenta las leyes que Él mismo ha establecido. Buffon cree en la ciencia porque cree en la existencia de leyes naturales y también porque está convencido del carácter permanente de esas leyes.

En 1783, en el discurso *Du Fer*, y a propósito de su teoría del establecimiento local de minas metálicas, Buffon reconoce que:

³ Buffon, *Cœuvres Philosophiques de Buffon*, Texte établi et présenté par Jean Piveteau, Presses Universitaires de France, Paris, 1954, p. 175 [Supplément, 1778, tome V, *Époques de la Nature*].

⁴ Por cierto, de acuerdo con Roger, del manuscrito de las *Époques* se extrae claramente la idea de que la materia viviente es producto de combinaciones químicas espontáneas. Ver Jacques Roger, “Chimie et biologie: des «molécules organiques» de Buffon à la «physico-chimie» de Lamarck” en *Pour une Histoire...*, op. cit.

⁵ *Ibidem*, p. 152.

L'on renouvellera sans doute l'objection triviale si souvent répétée contre les hypothèses, en s'écriant qu'en bonne physique il ne faut ni comparaisons ni systèmes.⁶

Pero, añade, sólo podemos conocer por comparación; sólo podemos juzgar de las cosas y sus relaciones después de haber puesto un orden entre esas relaciones, esto es, después de haber conformado un sistema. Y continúa: la mayoría de los que observan los efectos producidos por la naturaleza, suelen quedarse en puntos de vista particulares; como resultado, creen ver variaciones e incluso contradicciones en sus operaciones. Pero quienes “la abrazan con una mirada más general” son capaces de reconocer la simplicidad de su plan y de admirar el orden “fijo y constante” de sus combinaciones, la uniformidad de sus “medios de ejecución”. Las grandes operaciones de la naturaleza se fundan en leyes invariables, que no varían ni se contradicen en sus efectos.

Si la naturaleza es simple, si es constante, sostiene Buffon, el fin de la filosofía natural debe ser “elevarse” lo suficientemente alto como para poder, partiendo de un único efecto general, tomado como causa, derivar todos los efectos particulares. Para ello es necesario examinar antes la naturaleza, estudiarla y compararla en todos sus aspectos. Sin el “genio”, el estudio y la libertad de pensamiento suficientes, en lugar de representar a la naturaleza sólo se le desfigurará. El rechazo ciego a los sistemas proviene de la incomprensión de lo que la palabra *sistema* significa.

Tout système n'est qu'une combinaison raisonnée, une ordonnance des choses ou des idées qui les représente, et c'est le génie seul qui peut faire cette ordonnance, c'est-à-dire un système en tout genre.⁷

Este ordenamiento general, esta pretensión de construir una filosofía natural lo suficientemente elevada, no puede excluir la cuestión de la vida. Y es al interior del marco proporcionado por esta noción de sistema que debemos comprender lo que, nuevamente en palabras de Roger, constituye la perspectiva adoptada por Buffon ante la biología:

La volonté de dépouiller la vie de tout caractère exceptionnel, de la ramener à sa place dans l'ordre des faits physiques, de la considérer comme un phénomène plus complexe que les autres, mais nullement irrationnel ni mystérieux.⁸

Para Buffon la vida es resultado de fenómenos físico-químicos propios de la materia viviente. En este sentido, la materia viviente no sería otra cosa que materia, sometida a las mismas leyes generales que la materia bruta, y viviente gracias a la acción de esas mismas leyes. Pero, ¿en qué consisten esos fenómenos “físico-químicos”? Si, por un lado, se puede decir sencillamente que el

⁶ *Ibidem*, p. 27 [Histoire Naturelle des Minéraux, 1783, tome II, Du Fer].

⁷ *Ibidem*.

⁸ Roger Jaques, *op. cit.*, p. lxxii.

“efecto general” al que Buffon quisiera reducir todos los fenómenos particulares es la ley de gravitación universal, por otro me parece interesante tratar de aclararnos la forma en que gravitación y vida se relacionan en su pensamiento y el papel que en ese contexto juega la química. A fin de abordar este último tema, y en particular el peso que esa ciencia tiene en la satisfacción de las ambiciones cartesianas de Buffon, es importante señalar la enorme influencia que tuvo sobre él la obra de Stephen Hales.

Buffon tradujo al francés en 1735 la *Vegetable Statics* de Hales. En el prefacio de esa traducción, el naturalista francés subrayó el carácter experimental de la obra. Pero Hales, de hecho, no sólo realizó experimentos: propuso teorías y explicaciones inspirados directamente por las *Queries* newtonianas. Su intención era hacer de la fisiología un campo de aplicación de la física newtoniana y, en este sentido, ofrecer explicaciones causales haciendo uso de mecanismos subyacentes newtonianos. Su interés se centraba en los procesos de la vida vegetal y las fuerzas que los gobiernan.

El trabajo de Hales le proporcionó a Buffon un modelo al que se apegaría con fidelidad durante toda su carrera. Pero no fue el aspecto experimental el que Buffon se apropió de manera fundamental. Aunque el naturalista francés sí llevó a cabo en 1748, junto con Needham, una serie de variados experimentos acerca de la composición y descomposición de sustancias animales y vegetales, lo que vio en Hales fue la posibilidad de construir desde ya —es decir, en oposición a planteamientos como el de Fontenelle⁹— una “física de las plantas”. En particular, fue un capítulo de *Vegetable Statics*, “Análisis del aire”, que toca temas como el balance de la naturaleza, la constitución de los seres vivos, el juego de la atracción y la repulsión, el que se apoderó de la imaginación buffoniana. Y es que todos estos conceptos son centrales en la intención de Buffon de hacer una historia natural que incluya explicaciones basadas en procesos generales, mecanismos causales y leyes fundamentales de la naturaleza.

⁹ Roger, *Buffon...*, *op. cit.*, p. 50.

1.1 El anacronismo de la química buffoniana

Hablando de la influencia de Newton sobre Buffon, Roger¹⁰ afirma que ambos tienen en común el querer dar una explicación “puramente física” de fenómenos tanto químicos como fisiológicos. Añade que esta actitud no era inusual a principios del siglo XVIII y que, además, era también compartida por Hales. Dice, sin embargo, que debido a esta fidelidad a las visiones más amplias y a las hipótesis más arriesgadas de Newton —fidelidad que, como hemos querido señalar, se halla precisamente mediada por la influencia de Hales— la perspectiva de Buffon aparece como anacrónica a los ojos de muchos de sus contemporáneos. En este anacronismo habría varios factores en juego, algunos aparentes y otros más significativos.

En primer lugar, dice Roger, en la química de mediados de siglo predomina la teoría del flogisto. Rouelle y Venel, dos de los grandes químicos del momento, prefieren los puntos de vista de Stahl a los de Newton. En segundo, los químicos están insistiendo en la autonomía de su disciplina. Venel, por ejemplo, critica la “química de los físicos” por no haber sido verificada con detalle o contrastada con los hechos y encuentra la misma carencia de experiencias en Boyle, Newton, Keill o Boerhaave.¹¹ Y, por último, Buffon plantea sus reflexiones físico-químicas en términos de los cuatro elementos tradicionales.

Roger mismo nos hace ver que el anacronismo de la química buffoniana no reside en su falta de experimentación ni en su interés por los cuatro elementos: Buffon realizó también en este terreno una gran cantidad de experimentos. En cuanto al planteamiento en términos de cuatro elementos, y a la cuestión de si se trata de entes totalmente distintos o si existen transmutaciones entre ellos porque (como Buffon piensa) existe en el fondo solamente una materia única, el naturalista francés no se encuentra aislado. Al contrario, está relacionado con varios químicos franceses, entre ellos personajes como Macquer y Guyton de Morveau, y al menos algunos químicos alemanes del momento también abordan esa cuestión. Más adelante veremos en qué circunstancias había resurgido y se había vuelto a convertir en una cuestión de actualidad la teoría de los cuatro elementos.

El anacronismo, entonces, se halla en otro aspecto del pensamiento de Buffon: en el hecho de que sus experimentos son sólo una de las bases para su reflexión, la cual siguiendo el modelo

¹⁰ Roger, *ibidem*, p. 513.

¹¹ Venel, “Chymie” en Diderot & D’Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, tome III, Briasson, David, Le Breton, Durand, Paris, 1753, p. 408.

proporcionado por Hales, va más allá de ellos y enfrenta problemas que resultan demasiado generales a la luz del enfoque de investigadores que, como Lavoisier, pertenecen a una nueva generación y están en efecto replanteando el dominio de la química. Y aunque Buffon no ignore ni la química ni las investigaciones más recientes (entre ellas las de Black, las de Scheele y las del mismo Lavoisier) enarbola ideas fundamentales que no concuerdan con las de la nueva química, porque esta manipula, analiza y combina los cuerpos sin preocuparse de su origen histórico; porque, para ella, un “cuerpo simple” es solamente un cuerpo que hasta el momento no ha podido ser descompuesto. Buffon, al contrario, no sólo sigue siendo fiel a la noción clásica de elementos y a la idea de transmutación, sino que se plantea ante todo la cuestión de los orígenes y pretende que todo lo que existe es producto de “las grandes operaciones de la naturaleza”. Su mineralogía, por tanto, forma parte de una historia general de la Tierra:

Pour lui, l'infinie diversité des corps chimiques et des minéraux est le produit d'une histoire.¹²

En resumen, la falta de actualidad de la química buffoniana residiría en su perspectiva genética y totalizante. Ahora bien, con el fin de evaluar adecuadamente este contraste entre el enfoque de Buffon y el de la nueva química, debemos examinar con más detalle los factores analizados por Roger: el predominio de la teoría del flogisto, el planteamiento en términos de los cuatro elementos tradicionales, la autonomía de la química con respecto a la física y las aspiraciones totalizadoras de Buffon. En otras palabras, tenemos que preguntarnos no sólo por qué Buffon, al igual que otros autores de su época, volvió a hablar de agua, tierra, aire y fuego y si el predominio de la teoría del flogisto entraba efectivamente en conflicto con el newtonismo, sino, además, si los límites de la química se hallaban bien definidos.

¿Por qué Buffon habría de ignorar la revolución química que, prácticamente ante sus ojos, estaba llevando a cabo Lavoisier? ¿Y cuáles podrían ser los orígenes conceptuales de su enfoque totalizante? Hay en la química buffoniana (y en toda su visión de la naturaleza) un concepto que, indudablemente, es central: el de la fuerza de atracción. Y de esta se deriva, según Buffon, la fuerza del calor, fuerza repulsiva que produce la vida. Cuando en 1766 adelanta ya en la *Nomenclature des Singes* sus ideas en torno al enfriamiento progresivo e inevitable de nuestro planeta, señala que la naturaleza en sus primeras épocas “animée d'un feu plus vif que celui de notre température

¹² *Ibidem*, p. 523.

actuelle” daba lugar a seres más vivos, con un desarrollo más rápido y un tamaño mayor. Al disminuir el calor, las primeras especies perecieron:

Et combien n'en périra-t-il pas d'autres dans la succession des temps, à mesure que ces trésors de feu diminueront par la déperdition de cette chaleur du globe qui sert de base à notre chaleur vitale [...]¹³

La asociación entre fuego, calor y vida no puede ser más clara. El calor, decíamos, es una fuerza repulsiva; ahora bien: el juego de atracción y repulsión tal y como Buffon lo concibe nos introduce de lleno en otro tema fundamental para su química y para gran parte esta ciencia en el siglo XVIII: el de las afinidades. Y, como sostiene Metzger,

Le parenté entre les attractions newtoniennes, les sympathies et correspondances invoquées par les savants de la Renaissance et les rapports de Geoffroy, malgré les différences méthodologiques qui caractérisent chaque système, s'imposent d'elles-mêmes à notre esprit.¹⁴

No solamente hay ecos de una visión renacentista en la teoría de las afinidades. También la asociación entre calor y vida sobresalió durante el Renacimiento, planteada con frecuencia al interior de una filosofía química cuyas pretensiones eran, justamente, genéticas y totalizantes.

1.2 Filosofía química, filosofía natural e historia natural

Al abordar la forma en que se ha hecho la historia de la química, Maurice Crosland¹⁵ señala que en general esta ciencia ha sido estudiada de manera aislada, sin vincularla a la historia de las ideas o a la historia general (aunque reconoce que hay estudios de caso que sí toman en cuenta este aspecto). Y, añade, incluso dentro de la química misma los historiadores suelen adoptar una visión estrecha de lo que constituye la química, ignorando sus vinculaciones con la filosofía natural o la física, por un lado, y las ciencias de la vida, por otro. Ahora bien: tomar en cuenta estas ciencias “vecinas”, dice, proporciona un trasfondo para la historia de esta ciencia y nos permite a la vez comprender qué era lo que se llamaba “química” en el siglo XVIII.

¹³ Buffon, *Cœuvres Philosophiques de Buffon*, Texte établi et présenté par Jean Piveteau, Presses Universitaires de France, Paris, 1954 [Histoire Naturelle, tome XIV, 1766, *Nomenclature des Singes*], p. 420.

¹⁴ Metzger Hélène. *Newton, Stahl, Boerhaave et la Doctrine Chimique*. Albert Blanchard, Paris, 1930, p. 50. Metzger es una de las pioneras en el estudio de la química prelavoisieriana. Su trabajo —reconocidamente antipresentista y gradualista— sigue siendo reconocido hoy en día.

¹⁵ Crosland Maurice, “Chemistry and the Chemical Revolution”, en Rousseau G. S. & Porter Roy (eds.), *The Ferment of Knowledge*, Cambridge University Press, 1980. Aunque Crosland narra a veces una historia presentista de la química, y ha recibido críticas por borrar las fronteras entre química, física y filosofía natural, su postura específica en torno a este tema resulta particularmente relevante para el caso de Buffon.

Así, para muchos de sus contemporáneos Lavoisier era más un físico que un químico en el sentido tradicional de la palabra; la pneumática, que con Hales constituye una parte de la filosofía natural, se convirtió con claridad en parte de la química para la época de Priestley; y la cuestión del calor, luego entendida como parte del dominio de la física, era vista en ese siglo como perteneciente a la química.

From the standpoint of the twentieth century or even of the nineteenth century it is only too easy to classify chemistry as a physical science. By the end of the eighteenth century it certainly had a good claim to be so considered, but not at the beginning.¹⁶

Un buen ejemplo de esa tensión entre química y física durante el siglo XVIII es Stahl, químico que —desde el punto de vista de Crosland— abrazaba una filosofía vitalista más cercana a las concepciones renacentistas que al newtonismo.¹⁷ Pero, por otro lado, había una vinculación clara entre química e historia natural, y esto en dos vertientes.

Para el químico, dice Crosland, la distinción básica es la que se realiza entre diferentes clases de materia; por este motivo a la química le interesaba ante todo clasificar, más que cuantificar, con base en una serie de categorías fundamentales como metales, tierras, ácidos y álcalis; este propósito clasificatorio en común vinculaba a la química y a una parte importante de la historia natural. Además, la química se relacionaba con la historia natural en su arreglo de los materiales conforme a los tres reinos de la naturaleza: el reino mineral incluía sustancias como los metales, los azufres, la sal común; dentro del reino vegetal se clasificaban sustancias como el vinagre y se consideraba parte del reino animal todo lo que se derivara en última instancia de ese terreno, desde la sangre hasta el fósforo de la orina. También en la mineralogía se ponía énfasis en la recolección y clasificación de especímenes: las tierras y las piedras se disponían en clases, géneros, especies y variedades. La química de principios del siglo XVIII se asemejaba pues a la botánica, y esta semejanza se presentó también en el estudio de la clase de las sales: existe un nexo histórico entre los nombres de estas y la tradición de historia natural, nexo que sobreviviría al nuevo enfoque fisicalista de Lavoisier.

¹⁶ Crosland, *op. cit.*, p. 395. Acerca del calor como campo de estudio de la química, ver también Melhado Evan M., "Toward an understanding of the Chemical Revolution", **Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present**, vol. 8, 1988.

¹⁷ Sin embargo, como veremos en el capítulo 3 de este trabajo, el newtonismo y el stahlismo no necesariamente entraban en conflicto. La química francesa de mediados del siglo XVIII es un buen ejemplo de ello.

En cuanto a la relación entre química y ciencias de la vida, Debus¹⁸ señala que, alrededor del siglo XVII, la química se tornó en objeto de interés y preocupación principalmente a causa de su relación con la medicina. En Francia, en particular, sólo después de que los remedios químicos fueron aprobados para su uso interno se establecieron cátedras de química en las facultades médicas. Existía, de manera paralela, una tradición que pretendía explicar las enfermedades y los fenómenos fisiológicos en términos químicos: la iatroquímica. Así que a finales del siglo XVII, y aunque era ya académicamente aceptable, la química era considerada todavía parte de la medicina. Esta situación comenzaría a cambiar luego de 1725, pero fue hasta el último cuarto del siglo XVIII que la ciencia química se independizó finalmente de las ciencias de la salud.

Boerhaave y sus contemporáneos, por su parte, reconocían esta relación estrecha entre la química y la medicina. Para ellos la química se había originado mediante la fusión de la metalurgia y la farmacéutica.¹⁹ Lo que estos personajes del siglo XVIII veían era que, desde la antigüedad los médicos habían intentado descubrir el remedio universal que curara todas las enfermedades; los metalurgistas, por su parte, habían perseguido la transmutación de los metales, específicamente la transformación de los metales corruptibles en oro. Aunque de esta esperanza no quedaba ya casi nada a finales del siglo XVIII, la alquimia estimuló la investigación empírica y contribuyó a la justificación de la aplicación del conocimiento científico al alivio de los males de la humanidad.²⁰

Ahora bien: las relaciones entre la alquimia y la química en el siglo XVIII no se reducen a esa contribución empírica. Y es que a pesar de que para entonces sólo unos cuantos pensadores siguieron creyendo que había algo más en el universo que partículas y fuerzas, resurgió en ese siglo —como veremos un poco más adelante— la concepción renacentista de la naturaleza. Esta concepción no solamente se vinculó a un nuevo tipo de historia natural para la cual el objetivo central no era ya la clasificación, sino que, además, concedía un lugar central a explicaciones de carácter químico.

¹⁸ Debus Allen G. **The French Paracelsians**. Cambridge University Press, Cambridge, 1991. Debus, otro pionero en su campo, tiene el mérito de haber logrado que temas antes ignorados —como la iatroquímica y el paracelsianismo— comenzaran a ser tomados en cuenta en historia de la ciencia. Debus logró asimismo poner de relieve el hecho de que, paralelamente al mecanicismo, existía una filosofía química que en su momento constituyó una seria competidora. Sin embargo, investigaciones recientes muestran una continuidad entre ambas perspectivas.

¹⁹ Metzger Hélène. **Les Doctrines Chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle**. Albert Blanchard, Paris (1923) 1969.

²⁰ Brock William H. **The Chemical Tree**. W. W. Norton & Company, New York, 1992. Este autor, decididamente presentista, reconoce sin embargo una contribución positiva de la alquimia al desarrollo de la química.

Aunque mencionamos ya la semejanza encontrada por Crosland entre química e historia natural, el nexa señalado por este autor entre ambos campos de estudio tiene que ver ante todo con sus propósitos clasificatorios comunes. Este tipo de propósitos ciertamente se hallaba presente: por lo menos desde la *Historia Natural* de Plinio el Viejo (23-79 d. C.), el concepto de historia natural se aplicaba generalmente a una recopilación de observaciones o reportes en torno a fenómenos geológicos, meteorológicos, biológicos y astrológicos. La historia natural así entendida constituyó en el siglo XVII una fuerte tradición, de hecho la tradición dominante, que condujo directamente al enfoque de Linneo, para quien el énfasis principal se hallaba en la recolección de especímenes y la clasificación de los tres reinos de la naturaleza. Sin embargo, de manera paralela, comenzó a desarrollarse un concepto muy diferente de historia natural, de acuerdo con el cual, más que una suerte de base empírica para la investigación, esta historia sería una ciencia en el sentido clásico del término.

This second, and ultimately more important, wing of natural history, sought a causal understanding of natural objects in terms of historical genesis, and in its modern form began with the writings of the Hermetic philosophers of the Renaissance, who were concerned to formulate a Christian philosophy on chemical premises distinct from those of Greek science and its traditions.²¹

En este marco se sitúan la obra de Paracelso y los posteriores intentos de desarrollar una filosofía “mosaica” por parte de Fludd, Kircher y van Helmont. Desde esta perspectiva se produjeron una serie de teorías racionales cuyo objetivo era explicar la presencia de fósiles, terremotos, volcanes, montañas y corrientes mediante procesos históricos que involucraban mecanismos químicos. Esta tradición influyó asimismo en Descartes quien, en sus *Principios de Filosofía* (1644), presentó una historia secular del sistema solar y de la Tierra; un recuento histórico y genético del estado actual del globo terráqueo en el que la conformación de este es resultado de mecanismos naturales cuya actividad se halla regida por leyes naturales. El enfoque cartesiano le dio un nuevo significado al término “historia natural” en el siglo XVII, de modo que autores como Steno, Burnet, Woodward y Robinson comenzaron a usarlo para referirse a sus propias especulaciones en torno a la historia de la naturaleza.

A principios del siglo XVIII, la crítica newtoniana al sistema cartesiano hizo cesar gran parte de estos esfuerzos. Sin embargo, y explícitamente en oposición a la tradición linneana, se produjo

²¹ Sloan Philip R. “Natural History, 1670-1802”, en Cantor, Christie, Hodge (eds.). *Companion to the History of Modern Science*. London, Croone, 1989, pp. 297-298.

luego un reavivamiento de las historias seculares de la Tierra y del cosmos al estilo cartesiano. Esta renovación del enfoque histórico-genético requería, según Sloan, de un desarrollo teórico a lo largo de varias líneas, entre ellas, la recuperación del concepto renacentista de la naturaleza.²²

Para la visión renacentista, la naturaleza era una agencia sustantiva, intermediaria entre Dios y sus criaturas. Esta idea, con raíces también en el estoicismo, fue recuperada por los platónicos de Cambridge, Ralph Cudworth y Henry More entre ellos, proporcionando un medio, en primer lugar, para evitar algunas de las consecuencias que —debido a su reducción de la naturaleza al orden creado de la materia— tenía el mecanicismo cartesiano en ciencias de la vida. En segundo lugar, proporcionó un marco explicativo en el que el origen de los seres vivos podía atribuirse a los poderes creativos de la naturaleza misma, y no meramente a las simples leyes mecánicas del movimiento. Curiosamente,

Newton also gave impetus to this development, in spite of his opposition to historical developmentalism, by his theory of the pervasiveness of active ether throughout nature, and by his suggestion that attractive and repulsive forces, analogous to the attractive forces in planetary realm, were operative in the material activities of bodies. This new status of Nature as a creative and dynamic agency, an ‘immense living power which animates the universe’, as Buffon was to term it in 1765, gave an object of reference for a science concerned with a ‘history’ of Nature.²³

Un aspecto de este tipo de historia natural que vale la pena subrayar es su carácter causal, carácter que la diferenciaba de, e incluso la oponía a, la historia natural “clasificatoria”. Bacon había situado a la historia natural en la jerarquía del conocimiento, distinguiéndola de la filosofía natural: para este filósofo, las diversas ramas de la historia (natural, eclesiástica, civil) eran materia de la memoria, mientras que la filosofía natural era un tema propio de la razón, y la información recolectada por la historia natural serviría de base para el trabajo de la filosofía natural. La nueva historia natural causal que se desarrolla en el siglo XVIII, no obstante, hace a un lado esa distinción baconiana y la borra en los hechos: la obra de Buffon es claramente un buen ejemplo de ello.

Ahora bien: el concepto renacentista de naturaleza era parte de una filosofía más amplia, una filosofía química que se desarrolló de manera paralela al mecanicismo. Paracelso y sus seguidores, los “filósofos químicos”, pretendieron remplazar la cosmología y la filosofía natural antiguas y pensaron en la aplicación de la química o la alquimia como la clave que les permitiría encontrar

²² Específicamente a lo largo de tres líneas: la crítica a la concepción newtoniana de tiempo y espacio absolutos, la diferenciación entre un orden abstracto de conocimiento y otro concreto, histórico, y, por último, el resurgimiento del concepto renacentista de naturaleza

²³ *Ibidem*, p. 302.

solución a los problemas más amplios del universo. En este contexto, la doctrina química aparecía como algo carente de límites precisos y cuya intención era anexarse los campos de la teología, la metafísica, las ciencias de la vida y la física. A finales del siglo XVI y principios del XVII, la alquimia, la química y la medicina paracelsianas atrajeron un interés creciente de modo que, a mediados del siglo XVII, la química logró aceptación por la mayoría de los miembros del *establishment* médico, debido al menos a su contribución práctica.

Alrededor de 1650 los mecanicistas veían en la filosofía química un rival digno de ser tomado en cuenta y se produjeron entonces fuertes debates de los que la filosofía mecanicista saldría finalmente triunfante. Pero la química, situada ahora en un contexto en que los argumentos de autoridad habían perdido su importancia, quedó huérfana de una doctrina establecida que la unificara: cada químico presentaba su propio sistema, completo y cerrado. A pesar de ello, Metzger encuentra que todos estos sistemas tienen un rasgo común: la creencia “instintiva”, segura, en la unidad del mundo y de la ciencia.

La plupart des savants se proposèrent, en effet, de découvrir, sous la diversité infinie des apparences sensibles qui nous sont seules accessibles, la loi universelle dont la connaissance fournirait la clef du système du monde.²⁴

Los químicos, fueran o no seguidores explícitos de Paracelso, compartían esta aspiración totalizante con una filosofía química para la cual—en concordancia con este último— la química era el estudio clave para develar los secretos del universo, creado por un químico y regulado por leyes químicas.²⁵

Finalmente, la tradición de filosofía natural que se desarrolló en el siglo XVII y que culminó con Newton no era distinta en ese sentido de la filosofía química. De acuerdo con Arthur Donovan²⁶, Newton y sus discípulos eran filósofos naturales en la medida en que intentaban construir sistemas de teorías que fueran, al menos en potencia, capaces de hacer inteligible la naturaleza como un todo. Los objetivos de Newton, señala este autor, eran justamente los de un filósofo natural del siglo XVII: la perspectiva que dicotomiza su legado, dividiéndolo en una parte

²⁴ Metzger, *op. cit.*, pp. 26-27.

²⁵ Brock, *op. cit.*, p. 45.

²⁶ Donovan Arthur, “Newton and Lavoisier” en Theerman Paul & Seef Adele F. (eds.), **Action and Reaction**, Associated University Presses, London and Toronto, 1993. A pesar de que—apresuradamente desde mi punto de vista—este autor identifica como antinewtonianos a los investigadores del siglo XVIII que concebían a la materia como activa por sí misma, su punto de vista acerca de los alcances y los objetivos de la filosofía natural es particularmente esclarecedor para el caso de Buffon.

matemática y otra experimental, ignora la profunda unidad del programa de investigación newtoniano y que su herencia en el siglo XVIII debe entenderse justamente en el contexto de la filosofía natural. Y de hecho la mayoría de sus discípulos entendieron su logro en esos términos, esto es, términos filosóficamente más ambiciosos que los de las ciencias positivas del siglo XIX. En consecuencia, el objetivo más importante de los newtonianos era el descubrimientos de leyes naturales fundamentales y comprensivas.

Ahora bien, en realidad, no hubo nunca un newtonismo, sino varios newtonismos. En su momento, Hume mostraría la forma en que los logros newtonianos podían interpretarse para hacer implausibles, si no totalmente carentes de apoyo, las propias aspiraciones filosóficas de Newton. Hubo también interpretaciones del trabajo de Newton que intentaron “rescatarlo” de los supuestos excesos especulativos en que él y sus discípulos habrían incurrido, e interpretaciones que describían a Newton como interesado solamente en descubrir leyes naturales descriptivas. Estos dos enfoques se unirían con el tiempo para dar lugar a la interpretación predominante durante el siglo XIX del programa de investigación newtoniano.

Pero si en efecto las ambiciones de Newton eran totalizantes, su insistencia en que era suficiente logro el poder predecir los movimientos terrestres y celestes habría sido una admisión de fracaso más que un enunciado de política metodológica:

For what Newton was saying in essence is that his system should be accepted in spite of his failure to discern the cause or even to understand universal gravity, because its results accord so well with the data of observation and experiment.²⁷

Por otro lado, Donovan señala que a mediados del siglo XVIII se produjo una asociación estrecha entre la química y puntos de vista antinewtonianos, como el de Venel. La conjunción de esas “dos facetas de la filosofía natural” (como textualmente las llama Donovan²⁸) se realizó en torno a la convicción de que el sustrato material de la naturaleza era activo, esto es, sobre la base del resurgimiento del concepto renacentista de la naturaleza del que ya hemos hablado. El carácter necesariamente antinewtoniano de este punto de vista, sin embargo, es debatible pues, como dijimos antes, las ideas de Newton en torno al éter y a las fuerzas de atracción y repulsión, estimularon (muy probablemente a su pesar) el desarrollo de esa concepción.

²⁷ Cohen, *Newtonian Revolution*, Cambridge, 1980, p. 131.

²⁸ Donovan, *op. cit.*, p. 264: “Among the many fascinating turns in this complex story [...] was the convergence of chemistry and anti-Newtonianism around the middle of the eighteenth century. These two facets of natural philosophy...”.

En efecto, de acuerdo con Newton la materia es esencialmente pasiva e inerte y, además, el newtonismo se hallaba ligado a la ortodoxia política y teológica en Inglaterra. El naturalismo radical, por su parte, tenía implicaciones filosóficas, sociales y teológicas diferentes, tanto en ese país como en Francia. Hutton, por ejemplo, pensaba que tomando como punto de partida la materia activa de los filósofos químicos se podían llegar a descubrir los secretos más profundos de la naturaleza. Se trata de una aspiración no muy lejana a la de Buffon quien, precisamente, unió en su obra el newtonismo al naturalismo filosófico. Y como el mismo Donovan reconoce, el newtonismo de Buffon no era “una fe simple”.

But while a disciple of Newton, Buffon was a compatriot of Descartes, and he never doubted that by a proper use of our rational faculties we can construct systematic and comprehensive accounts of the causes of natural phenomena.²⁹

Aunque en la exclusión de la teleología y la teología y en la concepción de una naturaleza activa por sí misma, Buffon se aparta de la filosofía natural de Newton, la separación entre ambos en cuanto a la ambición de establecer un recuento comprensivo de la naturaleza es ya más dudosa. Por otro lado, el principio de atracción fue siempre el artículo central en la fe newtoniana de Buffon, y fue ese principio el que intentó aplicar tanto en ciencias de la vida como en química.

La historia de la química, afirma Thackray en 1970, se halla en estado primitivo y, por tal motivo, debiera comenzar por elucidar los aspectos intelectuales de esa ciencia. Entre tales aspectos señala seis: el legado cartesiano, la tradición stahlian-paracelsiana, la fuerte presencia de la historia natural, el creciente énfasis empírico, el romanticismo de fines del siglo XVIII, y el newtonismo.

Among intellectual factors, pride of place would surely go to Newtonianism [...]. We cannot rightly appreciate the hopes, ambitions, research activities and theoretical concerns of many of the eighteenth century's ablest practitioners, until we take seriously the depth of their Newtonian convictions.³⁰

En la química buffoniana encuentran un sitio, y hasta se confunden, casi todos estos factores: las ambiciones cartesianas, la influencia no sólo de la visión paracelsiana de la naturaleza sino de las propuestas de la teoría del flogisto, la intención de construir una historia natural causal. Si quizás el

²⁹ Donovan Arthur, “Buffon, Lavoisier and the Transformation of French Chemistry”, en Gayon (ed.), **Buffon** 88, *op. cit.*, pp. 388-389.

³⁰ Thackray Arnold, **Atoms and Powers**, Harvard University Press, Cambridge, 1970, p. ix. En efecto, este autor parece “newtonizar” la química y ha recibido varias críticas en este sentido, entre ellas las de Ursula Klein (Ursula Klein, “Origin of the Concept of Chemical Compound”, **Science in Context**, vol. 7, no. 2 (1994), p. 166). Pero debemos recordar que el newtonismo no era monolítico y que la influencia de Newton se halló mediada por la de tradiciones más antiguas, en particular en el caso de la química.

énfasis empírico aparece algo disminuido, la fuerza de sus convicciones newtonianas sobresale por encima de todo. En el último cuarto del siglo XVIII, justamente en el momento en que la química está en proceso de independizarse totalmente y de constituirse en la ciencia moderna que hoy conocemos, esta mezcla de influencias puede dar cuenta del hecho de que Buffon permaneciera al margen de la revolución en química. Lo que Lavoisier lograría en la práctica, quizás de manera intencional, sería precisamente un rompimiento radical con el enfoque buffoniano: la revolución química transformaría y delimitaría un terreno en el que, durante la mayor parte del siglo XVIII todavía, las fronteras precisas entre filosofía natural, fuera corpuscular o química, y teoría de la materia, no se hallaban bien establecidas. Se trata de un terreno en el que, además, la tradicional distinción entre filosofía natural e historia natural se estaba desvaneciendo.

Recapitulación

La cuestión de los límites relativos entre física y química —planteada en términos de la autonomía de la química con respecto a la física y de su constitución como disciplina mucho antes de la revolución química— y, por ende, la cuestión de la relación entre química y filosofía natural, se han debatido acaloradamente en los últimos tiempos. De manera muy esquemática, podemos distinguir dos posturas al respecto. En el primer grupo tendríamos a autores que al parecer subrayan la influencia de la física sobre la química, entre ellos Guerlac, Thackray, Levere y Schofield.³¹ En el extremo opuesto estarían quienes defienden la existencia de la química como disciplina autónoma con anterioridad a la revolución en ese campo y que en este sentido enfatizan las preocupaciones prácticas de la química y su relativo desinterés por cuestiones teóricas más generales que la acercarían a la filosofía natural o a la física. Esta es la postura de autores más recientes, como Ursula Klein y Alistair Duncan.³² Pero el problema que en realidad provoca el enfrentamiento entre ambas posiciones puede leerse de otra manera: el énfasis en la influencia de la física sobre la química se ha interpretado como resultado de un punto de vista positivista y presentista que busca la conexión entre la revolución científica y la revolución química. En este contexto el reconocimiento, por ejemplo, de que las atracciones newtonianas entre partículas

³¹ Henry Guerlac, *Lavoisier-The Crucial Year*, Cornell University Press, 1961; Thackray, *Atoms and Powers*, *op. cit.*; Trevor H. Levere, *Affinity and Matter*, *op. cit.*; Robert E. Schofield, *Mechanism and Materialism*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1970.

³² Ursula Klein, "Origin of the Concept of Chemical Compound", *Science in Context* 7, no. 2 (1994); Alistair Duncan, *Laws and Order*, *op. cit.*

fueron importantes para la química del siglo XVIII se entiende como postulación de un predominio de la física sobre la química cuya inexistencia debe probarse.

La discusión en torno a la autonomía de la química refleja también probablemente la diversidad de posturas que había en el siglo XVIII acerca de este tema. Encontramos desde químicos que decidieron subrayar el aspecto práctico (Geoffroy), químicos que se hallaban profundamente interesados en el lado teórico (Kirwan), químicos antifisicalistas (Venel) y químicos de intenciones reduccionistas (Guyton de Morveau). Esto nos recuerda el peligro que implican las generalizaciones —etiquetadas como “alquimia”, “newtonismo”, etc.— en historia de la ciencia, pero vale también para la distinción entre física y química. Para Buffon, ni siquiera había una distinción tajante entre filosofía natural e historia natural con base en sus objetivos explicativos. En este sentido, la discusión acerca de los límites entre física y química se torna hasta cierto punto irrelevante al hablar de la perspectiva de Buffon y resulta más adecuado entender sus propuestas como parte de una filosofía natural comprensiva. Si sus contemporáneos hacían efectivamente esa distinción, él en todo caso se esforzó explícitamente por superarla en el marco de su historia natural renovada. Por otro lado, si nos abstenemos de leer en el pasado fronteras disciplinarias que sólo se demarcarían claramente en el siglo XIX, podemos aceptar que las disciplinas al interior de la filosofía natural no se distinguían tan nítidamente como hoy en día y que la filosofía natural (no la física) proporcionaba de manera central—para muchos pensadores del siglo XVIII— el modelo al que había que orientarse. Parte de los investigadores de esa época que se ocuparon específicamente de teoría de la materia buscaban en efecto explicaciones fundamentales que quizás pudieran resultar en sistemas que dieran cuenta de la totalidad. Esta es claramente la postura que Buffon adoptó y ello no significa necesariamente que la química estuviera subordinada a la física. El enorme interés de Buffon en las fuerzas newtonianas entre partículas puede verse como interés en una teoría de la materia que no era provincia de ninguna especialidad. De hecho, hacia la segunda mitad del siglo XVIII la física había perdido el interés en las atracciones, mientras que la química albergó un programa de investigación organizado alrededor de este concepto.³³

³³ Ver Evan M. Melhado, “Metzger, Kuhn and Eighteenth-Century Disciplinary History”, en Gad Freudenthal (ed.), *Studies on Hélène Metzger*, (Corpus 8/9), Paris, 1988.

2 Elementos

A fin de comprender la química de Buffon en general y en particular su atribución de un carácter aceitoso a la materia a partir de la cual surgieron las moléculas orgánicas, es necesario comprender sus raíces. Aunque Buffon hace suya, como varios de sus contemporáneos, una teoría de los cuatro elementos muy similar a la aristotélica, esta no es su única fuente. En la química francesa de del siglo XVII y principios del siglo XVIII encontramos generalizado un sistema de cinco elementos, que combinaba nociones tanto aristotélicas como paracelsianas. Por su parte la visión paracelsiana —que tenía raíces en teorías estoicas, herméticas y alquimistas— dio lugar a una filosofía química que influyó en el surgimiento, ya en el siglo XVIII, de la historia natural explicativa que Buffon se propondría poner en práctica. Encontramos también en el siglo XVII el pasaje a primer plano de la perspectiva corpuscularista; esta se combinaría de manera tensa con la teoría de los elementos para poner de relieve el problema de la transdición. Y tanto el corpuscularismo como la posibilidad de resolver este último problema tienen un peso importante en la química buffoniana. Muchas de las nociones que intentaré describir aquí serán retomadas de una u otra forma por Buffon, mostrando la existencia de una sorprendente continuidad en la historia de la química; sin embargo, una de sus influencias más directas fue la newtoniana. Fue en el lenguaje newtoniano de fuerzas, a fin de cuentas, que Buffon presentó sus propias teorías.

Las preguntas más fundamentales acerca de los elementos, esto es, qué eran y cómo se les podía reconocer, carecieron de respuesta sencilla durante mucho tiempo. En particular en el siglo XVII, con el resurgimiento de la filosofía corpuscular en Europa, el problema de los elementos, planteado en términos del análisis de las sustancias químicas, se volvió particularmente agudo. La resolución de los “mixtos”, esto es, de los compuestos químicos, se realizaba en general mediante análisis por fuego.¹ Debido a que este tipo de análisis daba lugar a sustancias diferentes del mixto original, a la mayoría de los químicos de ese momento le parecía evidente que las nuevas sustancias debían provenir del mixto y, en consecuencia, que debían haber estado presentes en él antes del

¹ En 1675, Lémery afirma por ejemplo: “C'est para le moyen du Feu qu'on vient à bout de toutes les Operations Chymiques”. Lémery Nicolas, *Cours de Chymie*, Paris, 1675, p. 2. Existía sin embargo otro método de análisis, el realizado en solución acuosa, que con el tiempo adquirió mayor importancia. Ver Mi Gyum Kim, “The Analytic Ideal of Chemical Elements”, *Science in Context* 14, no. 3, 2001, pp. 370 y 384.

análisis. En otras palabras, que tales sustancias debían ser los principios de los cuales el cuerpo estaba compuesto.

Por otro lado, también de manera usual, se consideraba que los elementos y/o principios químicos poseían propiedades y que esas propiedades se comunicaban a las sustancias compuestas por ellos. Por ejemplo, si un mixto presentaba la propiedad de la fluidez o de la inflamabilidad, solía suponerse que el elemento o principio correlativo debía dominar en el compuesto: si el mixto era fluido, el aristotélico suponía que predominaban en él el agua y el fuego; si el compuesto era inflamable, el paracelsiano lo atribuía al predominio del mercurio y el azufre. Así pues, se creía que un elemento dominaba en el mixto, pero la cuestión se volvía todavía más compleja porque, además, se pensaba que todos los elementos aristotélicos (o los tres principios paracelsianos) se hallaban presentes en todas las sustancias.

No obstante, la práctica química se había ido alejando de la suposición “todos en todo” en dirección a una definición más pragmática de los elementos y los principios desde la cual estos podían concebirse como las sustancias que, de hecho, resultaban del análisis de un cuerpo. En lugar de la tierra-elemento, el químico hablaría entonces de varias “tierras”, aunque pensara en ellas como variedades particulares del elemento en cuestión. Se trataba en todo caso de sustancias que había obtenido mediante el análisis y que, por tanto, debían haber formado parte constitutiva del mixto.

Como resultado de todo esto, los químicos presentaban diferentes listas de elementos o principios, producidos por algún tipo de análisis. Durante el siglo XVII, y ya que en general se realizaban compromisos entre el sistema aristotélico y el paracelsiano, estas listas incluían desde uno hasta siete elementos. Tanto el contenido de las listas como su significado eran objeto de confusión y debate. La antigua suposición de que los elementos o principios comunicaban sus propiedades al mixto se tornó cada vez más difícil de manejar ante la constatación de que las propiedades a menudo cambiaban cuando las sustancias se combinaban o se separaban, lo cual resultaba particularmente problemático en el caso del análisis por fuego: si de acuerdo con algunos investigadores el fuego “disolvía” los cuerpos, de acuerdo con otros el fuego no producía una disolución del mixto en sus elementos o principios, sino que, al contrario, daba lugar a sustancias

nuevas, generadas justamente por la acción del fuego. El problema de qué era un elemento, y cómo podía saberse que lo era, se hallaba pues en el centro de la discusión.²

2.1 Teoría de los 4 elementos

Tradicionalmente y a la luz de la filosofía aristotélica solía aceptarse la teoría de los cuatro elementos. Esta teoría tenía sus raíces en el siglo sexto antes de Cristo, cuando los filósofos presocráticos lanzaron la conjetura de que todas las sustancias que se presentan habitualmente en nuestro mundo material se habían generado a partir de una sola materia primaria. Platón y Aristóteles concibieron esa materia primigenia como algo carente de cualidades y características que, como resultado de la impresión sobre ella de las cualidades caliente, frío, seco y húmedo, originaba los cuatro elementos de Empédocles: agua, tierra, aire y fuego.

	seco	húmedo
frío	TIERRA	AGUA
caliente	FUEGO	AIRE

Al mezclarse entre sí en diferentes proporciones, las sustancias elementales daban lugar a las sustancias que percibimos; y a la inversa, estas sustancias materiales podían disolverse o descomponerse en sus cuatro elementos constitutivos, al menos en principio y muchas veces también en la práctica. En el largo diálogo que constituye *The Sceptical Chymist*, Boyle puso en boca de Themistius, el personaje que abogaba a favor de este punto de vista, las siguientes palabras:

If you but consider a piece of green-Wood burning in a Chimney, You will readily discern in the disbanded parts of it the four Elements [...]. The fire discovers it self in the flame by its own light; the smoke by ascending to the top of the chimney, and there readily vanishing into air [...] sufficiently manifests to what Element it belongs and gladly returns. The water in its own form boyling and hissing at the ends of the burning Wood betrayes it self to more then one of our senses; and the ashes by their weight, their firness, and their dryness, put it past doubt that they belong to the Element of Earth.³

El cambio de forma o formas de los cuerpos, llevado a cabo por la naturaleza misma, transmutaba la materia básica subyacente en diferentes sustancias. De la misma manera, un cambio en las cualidades permitía que un elemento se convirtiera en otro y, también, una sustancia dada podía

² Sobre este tema ver el análisis de Dobbs B. J. T., "Conceptual Problems in Newton's Early Chemistry", en Osler & Farber (eds.), *Religion, Science and Worldview*, Cambridge University press, Cambridge, 1985.

³ Boyle Robert, *The Sceptical Chymist*, London, 1661, pp. 21-22.

convertirse en cualquier otra si se reajustaban de manera adecuada las proporciones de los cuatro elementos contenidos en ella. En este sentido, la materia era una sola y las sustancias podían transmutarse entre sí. Esta teoría persistió bajo diversas formas hasta la época de Lavoisier; en Edimburgo Black enseñaba todavía que la tierra se podía transmutar en agua.⁴

Aunque en efecto la teoría de los cuatro elementos, al igual que su creencia en la posibilidad de la transmutación y la consiguiente confusión en torno a la manera de reconocer un elemento, sobreviviría como una de las bases fundamentales de la teoría química hasta el siglo XVIII, no fue la única teoría que se manejó en química. En el siglo XVI la obra de otro autor, Paracelso, aportaría una nueva visión en torno a los elementos constitutivos de los cuerpos; esta visión, cuyo marco es el Renacimiento y se halla enraizada en la filosofía hermética y en la alquimia, rechazaba el aristotelismo y propugnaba por una nueva observación de la naturaleza. Antes de abordar a este autor veamos cuáles eran las raíces de la química renacentista.⁵

2.2 Raíces de la química renacentista

La literatura química renacentista —comprometida en parte con la búsqueda de la transformación de los metales imperfectos en oro— fue producto de investigadores que pensaban que la verdadera clave de los secretos de la naturaleza se hallaba en el estudio de la química.⁶ Estos estudiosos trabajaron en el marco de toda una filosofía química, desarrollada por Paracelso y sus seguidores, en la que no sólo se presentó una nueva concepción de los elementos, sino una nueva visión de la naturaleza en su conjunto. Esa visión, que mezcló enfoques de la naturaleza tanto ocultistas como experimentales, se inspiraba en tres fuentes al menos: la reacción en contra de las autoridades de la

⁴ McKie Douglas, "Introduction" a Lavoisier Antoine-Laurent, **Elements of Chemistry**, Dover Publications, Inc., New York, 1965, p. viii.

⁵ Acerca de la teoría de los cuatro elementos ver, además de los autores citados, a Brock William H., **The Chemical Tree**, W. W. Norton & Company, New York, 1992.

⁶ De acuerdo con Debus "If the work of Paracelsus and other major chemists of the sixteenth and early seventeenth centuries is characterized either as unworthy of discussion or as acting as a force which retarded the general growth of science, a true understanding of the period is made difficult if not impossible" (Debus Allen G., **The English Paracelsians**, Oldbourne, London, 1965, p. 14). El problema que Debus plantea en estos términos es resultado, por un lado, del controvertido estatus de la alquimia y su relación con la química moderna, y por otro, de la diversidad de opiniones existente en torno a Paracelso. Así como en algunos momentos de la historia de la química los alquimistas han sido vistos como impostores cuyas especulaciones se sitúan definitivamente al margen de la historia de la ciencia, Paracelso ha sido calificado de charlatán.

antigüedad junto con la convicción de que una nueva observación de la naturaleza debía formar parte de la ciencia; la revitalización de la filosofía hermética, neoplatónica y neopitagórica en el siglo XV, y un fuerte interés en el uso de la química-alquimia como clave para la medicina y para los problemas más generales del universo y la teología.⁷

En efecto, a finales del siglo XV se produjo una reacción en contra del escolasticismo aristotélico: en este marco, los textos platónicos y pitagóricos fueron ganando influencia en diversos campos del conocimiento. La perspectiva de los platónicos florentinos, que centraban su atención en un universo neoplatónico y místico, se popularizó junto con una fascinación por las matemáticas que influyó en la obra de Copérnico, Galileo y Kepler. En este último, por ejemplo, la mezcla de neoplatonismo y misticismo dio lugar, simultáneamente, a la búsqueda de una expresión matemática del movimiento de los planetas y al intento de adecuar las órbitas de los planetas a los sólidos regulares. Y es que una de las creencias más difundidas en ese momento era la convicción de que todo cuanto existe está conectado entre sí: la naturaleza constituía una unidad y en el hombre, microcosmos, se reflejaban todos los aspectos del gran mundo a su alrededor o macrocosmos. Esta creencia condujo a su vez a una amplia búsqueda de analogías, de correspondencias entre los reinos naturales y los cuerpos celestes, acompañada por la incitación a una nueva observación de la naturaleza a la luz de estas creencias. Ya que por otro lado el universo renacentista estaba animado por fuerzas vitales o mágicas, el llamado a la nueva investigación de la naturaleza se asoció con la magia natural de modo tal que “magia” llegó a significar el estudio observacional y experimental de las fuerzas ocultas de la naturaleza.

La alquimia, por su parte, se había desarrollado desde fines de la antigüedad y alguna de sus variantes por lo menos involucraba el objetivo de transformar los metales considerados no nobles en oro y plata, tarea considerada a la vez en términos de llevar a su fin algo que estaba incompleto y de llevar a cabo un proceso de perfeccionamiento. Los escritos alquímicos más tempranos estaban ya muy influidos por el misticismo neoplatónico y el misticismo gnóstico. En cierto sentido, la alquimia era un enfoque especial del universo neoplatónico general y, debido en parte a

⁷ En cuanto a la distinción y relaciones entre química y alquimia en los siglos XVII y XVIII ver William R. Newman & Lawrence M. Principe, “Alchemy vs. Chemistry”, *Early Science and Medicine* 3, 1998; y Lawrence M. Principe & William R. Newman, “Some Problems with the Historiography of Alchemy”, en William R. Newman and Anthony Grafton (eds.), *Secrets of Nature: Astrology and Alchemy in Early Modern Europe*, MIT Press, Cambridge, Mass., 2001.

esto, se incrementó el interés en los escritos alquímicos cuando resurgió la literatura hermética y neoplatónica.

El hermetismo toma su nombre de Hermes, la forma griega de un dios egipcio, Thoth, padre de todo el aprendizaje literario. Constituía una mezcla de religión egipcia, astrología babilónica, platonismo y estoicismo. Su amplio acervo, los libros herméticos —supuestamente escritos por Hermes Trismegistus— probablemente fue compilada en Egipto, durante el segundo siglo a. C. El gnosticismo, por su parte, era un movimiento religioso que ponía énfasis en el dualismo entre el bien y el mal. Para los gnósticos había un tipo especial de conocimiento, *gnosis*, que se obtenía por iluminación interna y no a través de la razón o la fe. El gnosticismo fue influido por la alquimia de esa época y, a su vez, influyó fuertemente en el lenguaje alquímico.

Las raíces de la alquimia griega son difíciles de precisar. Desde tiempos inmemoriales, una serie de metales —el oro, la plata, el hierro, el mercurio, el estaño, el cobre y el plomo— fueron bien conocidos por los pueblos antiguos, debido a que aparecen de forma natural en estado libre o pueden ser aislados con facilidad a partir de los minerales que los contienen. Por la misma razón, el azufre y el carbón se conocieron y usaron ampliamente. De prácticas metalúrgicas de este tipo, y de otras orientadas a la medicina, la farmacéutica y el teñido, surgió en parte la alquimia. Y es que cuando las ideas aristotélicas, neoplatónicas, gnósticas y estoicas se unieron con la práctica de los médicos y los artesanos, los alquimistas griegos reinterpretaron su tarea en términos de transmutación. Esta se convirtió así en su teorema central.

El estoicismo, fundado por el ateniense Zeno durante el siglo cuarto a. C., subrayaba la analogía entre el macrocosmos y el microcosmos, entre el cielo y la tierra, y distinguía además entre un tipo de materia inerte y otro tipo activo, el *pneuma* o espíritu vital. Este saturaba todo el cosmos y era responsable tanto de la generación de las cosas naturales como de su decadencia. Para los estoicos las sustancias ordinarias estaban constituidas por los cuatro elementos aristotélicos, pero el fuego y el aire eran más activos que la tierra y el agua. Se comenzó entonces a interpretar el fuego y el aire como formas de *pneuma* y al *pneuma* mismo como la fuerza capaz de enlazar la materia pasiva y dar lugar a sustancias con cohesión.

En la alquimia griega la transmutación podía verse de dos maneras: como una suerte de cambio químico originado por las diferentes proporciones de los cuatro elementos y su redistribución, o bien como una verdadera transmutación en la que las cualidades de los elementos se transformaban. Las investigaciones alquímicas no se reducían al intento de transmutar los

metales “imperfectos” en oro, sino que se ocupaban de cualquier cambio químico: en este sentido no hay solución de continuidad entre la química y la alquimia. Aunque para Aristóteles la materia primigenia no era necesariamente un material tangible que pudiera separarse de las sustancias, fue este el modo en que los químicos llegaron a pensar en ella. Las cualidades táctiles —seco, húmedo, frío, caliente— fueron sustancializadas e identificadas frecuentemente con los productos aeriformes o líquidos de la destilación, esto es, con el pneuma. Con el tiempo, la alquimia griega se difundió y pasó al mundo árabe. En el occidente, las primeras traducciones de obras alquímicas árabes comenzaron a aparecer hacia el siglo XI; se trataba de textos en los que se hablaba, por primera vez, de la piedra filosofal y del elixir de la vida. Muchos de estos escritos se atribuían a Jabir ibn Haiyan, personaje del siglo VIII cuya historicidad se debate todavía hoy. El texto latino de alquimia con mayor influencia, la *Summa Perfectionis* de Geber, parece estar basado en manuscritos de Jabir traducidos al latín entre el siglo XI y el XIII. Geber es, en realidad, la forma latinizada del nombre Jabir, que el autor de la *Summa* adoptó, quizás, debido a la gran reputación del alquimista árabe. Quién fue Geber también constituye un problema: se mencionan varias posibilidades, entre ellas la de que se tratara de un cierto Paulus de Tarento o de un alquimista español. En cualquier caso, el autor escribió su obra en el siglo XIV —alrededor de 1311— y esta constituyó la expresión más clara de la teoría alquímica producida antes del siglo XVI.

Tanto la obra de Jabir como la *Summa* de Geber contribuyeron a la introducción en occidente de una nueva teoría acerca de la composición metálica. De acuerdo con esta teoría, basada parcialmente en ideas aristotélicas expuestas en *Meteorologica*⁸, los metales se generaban al interior de la tierra mediante la mezcla de un principio ígneo y humeante, el azufre, y un principio acuoso, el mercurio. La teoría azufre-mercurio fue influida probablemente también por ideas estoicas, según las cuales los metales mantenían su cohesión gracias a un espíritu, mercurio, y un alma, azufre.⁹ Simultáneamente, en la *Summa* el autor exponía una teoría corpuscular basada en la

⁸ En este texto se presentaba la idea de que los metales crecen dentro de la Tierra: se suponía que los metales menos perfectos maduraban lentamente hasta convertirse en los metales nobles, esto es, el oro y la plata.

⁹ Es interesante notar los paralelismos entre esta teoría y la técnica, inmemorial, de beneficio de la plata. Un método muy antiguo para extraer la plata del mineral en que se encuentra consiste en reducir este a polvo en primer lugar. A continuación el polvo se mezcla con azogue (mercurio), produciéndose así la amalgama, esto es, una solución sólida de plata con mercurio. Finalmente, la amalgama se somete a un proceso de calentamiento-destilación gracias al cual los metales se separan.

noción de *minima naturalia*—una suerte de moléculas que marcaban un límite al análisis de cualquier sustancia— y una defensa de la habilidad humana en el mejoramiento de la naturaleza.

El teorema fundamental del hermetismo, que las sustancias del reino metálico poseen una tendencia natural a perfeccionarse, se inserta en esta compleja herencia. Con base en esas creencias el alquimista intentaría reproducir en el laboratorio la labor de la naturaleza. Y fue en este contexto que procesos prácticos como la destilación comenzaron a ser objeto de atención. Se mostró entonces que a continuación de la fracción “acuosa”, producida a una temperatura todavía baja, se presentaba un destilado “aceitoso”. Esto permitió argumentar que una humedad “untuosa” o grasosa era lo que proporcionaba cohesión a los cuerpos sólidos. Notablemente, la noción de que las “tierras” contenían una materia grasa persistiría por mucho tiempo y en el siglo XVIII Stahl haría de ella uno de los elementos centrales de su teoría del flogisto.¹⁰

2.3 Paracelso

De acuerdo con Debus, probablemente quienes aprovecharon mejor el resurgimiento de la visión hermética y mística del mundo fueron Paracelso (esto es, Philipus Aureolus Theophrastus von Hohenheim, [1493-1541]) y sus seguidores, los “humanistas herméticos”. El humanismo hermético puso en el centro de su reflexión a la Creación concebida a la vez como proceso matemático y como separación química, lo cual lo condujo entre otras cosas al problema de los elementos como producto primario de ese proceso.

Mientras que por un lado Paracelso hizo uso con frecuencia de los cuatro elementos aristotélicos, por otro postuló un segundo conjunto de sustancias elementales, la *tria prima* o los tres principios: mercurio (principio de fusibilidad y de volatilidad), azufre (principio de inflamabilidad) y sal (principio de incombustibilidad y de no volatilidad). Estos principios se derivan y son una extensión de la teoría mercurio-azufre de la composición metálica introducida por los químicos árabes, pero, al añadir la sal, Paracelso amplió la teoría de modo que pudiera aplicarse a todos los objetos. Aunque para él no se trataba de las sustancias comunes descubiertas en el laboratorio, sino de sus esencias o incluso de sus “almas”, los tres principios se asociaron en

¹⁰ En torno a la química renacentista: Debus Allen G., **The English Paracelsians**, Oldbourne, London, 1965; Debus Allen G., **The French Paracelsians**, Cambridge University Press, 1991 y Brock, *op. cit.*

la práctica al proceso de destilación, quizás la operación más importante de los alquimistas,¹¹ durante la cual parecían separarse estas tres fracciones. La destilación —a diferencia de otros métodos— permitía no sólo separar un mixto en sus supuestos constituyentes elementales, sino además recuperar los productos del proceso y venía siendo objeto de atención al menos desde el siglo XIII, por parte de monjes franciscanos con gran experiencia en este método de análisis debido a su interés en la producción de vinos sacramentales. Posteriormente Johannes de Rupescissa (?-ca. 1365) dio inicio a una escuela en la que toda clase de materiales minerales y orgánicos eran sometidos a destilación, con lo cual se conseguía, además de alcohol, sustancias químicas relativamente puras, que luego tendrían gran importancia para la iatroquímica y los paracelsianos. Además de asociarse así con los productos de la destilación, la teoría paracelsiana de la composición daba cuenta de propiedades fácilmente perceptibles mediante constituyentes hipotéticos portadores a su vez de tales propiedades: el mercurio comunicaba a las sustancias de las cuales formaba parte su fusibilidad y volatilidad, el azufre la inflamabilidad y la sal la incombustibilidad y la no-volatilidad.

La relación entre los elementos materiales y los principios no es clara, al menos no de manera evidente, en el pensamiento de Paracelso: al parecer, cualquier sustancia tangible podía estar compuesta por los cuatro elementos, que a su vez podían estar formados a partir de los principios espirituales, o viceversa. Así, mientras por un lado este autor sostiene que

El mundo es como Dios lo ha creado. En el principio lo convirtió en un cuerpo, consistente en cuatro elementos. Hizo este cuerpo originario con la trinidad de mercurio, azufre y sal, de forma que son tres sustancias las que dan el cuerpo completo. Porque ellas representan todo lo que hay en los cuatro elementos, tienen en sí toda la fuerza y el poder de las cosas perezaderas.¹²

En otros sitios Paracelso afirma también:

Heaven and earth have been created out of nothingness, but they are composed of three things —*mercurius, sulphur and salt*... Of these same three things the planets and all the stars consist; and not only the stars but all bodies that grow and are born from them. So man —the Little World— was composed of the same substances. Thus man, too, is nothing but mercury, sulphur, and salt.

Y:

¹¹ Priesner Claus, Figala Karin (eds.), *Alquimia, Enciclopedia de una ciencia hermética*, Herder, Barcelona, 2001. Ver también Brock, *op. cit.* y Salzberg Hugh W. *From Caveman to Chemist*. American Chemical Society, Washington, D. C., 1991.

¹² Paracelso, *Textos Esenciales*, Jolande Jacobi (ed.), Ediciones Siruela, Madrid, 1995, p. 67.

Man consists of the four elements, not only —as some hold— because he has four tempers, but also because he partakes of the nature, essence, and properties of these elements.¹³

La *tria prima* no desplazó al aristotelismo aunque, en la práctica, los químicos tendieron a darle mayor importancia a los principios paracelsianos, debido a que parecían adecuarse a los productos recuperables de sus destilaciones —licores espirituosos (mercurio), aceites inflamables (azufre) y residuos (sal)— y a que la destilación misma, como mencionamos, era uno de los métodos fundamentales de análisis de las sustancias químicas. También en los hechos y quizás hasta que la revolución química tuvo lugar, pero sobre todo en el siglo XVII, los libros de texto químicos solían presentar diversos sistemas que incluían desde uno hasta siete de estos elementos-principios.

Sin embargo Radl —que escribe en 1905 su *Historia de las teorías biológicas* y cuya perspectiva parece estar ante todo preocupada por localizar una suerte de superación hegeliana entre el vitalismo y lo que él llama el “absoluto mecanicismo moderno”, y para quien en consecuencia la biología constituye un dominio de conocimiento fundamentalmente diferente del de las ciencias físicas— nos ofrece una explicación interesante de la relación entre elementos y principios en Paracelso. Rescatando las influencias gnósticas en la obra paracelsiana, Radl subraya que, para Paracelso,

la esencia de las cosas no es susceptible de demostración; sólo indirectamente puede despertarse la comprensión para ella en los demás hombres, describiendo la realidad, acudiendo a las analogías, sirviéndose de las metáforas.¹⁴

Así, la idea de que el hombre es un microcosmos sería una metáfora en la que las fuerzas que impulsan al espíritu humano son semejantes a las que dominan en el universo: la carne representa a la tierra, la fuerza vital o *balsamus* al aire, la sangre al agua y el calor corporal al fuego. Asimismo, Paracelso usaría varias palabras con doble significado: astro, por ejemplo, significa también fuerza. La comprensión de la esencia de las cosas requiere de la experiencia, pero esta se concibe como una entrega total a las impresiones de la naturaleza, como intuición. Las analogías se tornan fundamentales en ese contexto: las palabras tienen un sentido natural, conectado íntimamente con la esencia de las cosas: el color rojo de la rosa es algo que existe en sí y las cosas concretas son fuerzas, no definiciones. Las ideas mismas del hombre son parte de la naturaleza.

¹³ Paracelsus, *Selected Writings*, ed. by Jolande Jacobi, Princeton University Press, Princeton, 1979, pp. 19 y 21.

¹⁴ Radl E. M. (1905), *Historia de las teorías biológicas*, Alianza Universidad, Madrid, 1988, p. 74.

Todo ello explica, según Radl, el hecho de que Paracelso no usara una terminología fija: el lenguaje paracelsiano es sólo un instrumento plástico que sirve a la comunicación de sus ideas. Pero además Paracelso tendría una concepción de la causalidad totalmente anti-mecanicista. El mismo elemento es para él distinto en la madera, en el cuerpo humano o en los metales.

Como todo ser se determina exclusivamente por sí mismo, no conoce Paracelso ninguna conexión causal mecánica entre lo precedente y lo subsecuente, sino que sólo admite un nexo orgánico, una simpatía de los procesos. Así como en el organismo forma cada órgano una unidad por sí y así como los órganos se unen en individualidades superiores, de igual modo debe ser en el Universo entero.¹⁵

De este modo, los planetas, los vegetales o el agua están constituidos por elementos de orden inferior pero, a la vez, son partes de un todo superior, que se une a otros para formar todos todavía más altos, hasta llegar al “supremo ser orgánico”, esto es, el universo o macrocosmos. Este constituye una unidad en virtud de las correlaciones cósmicas, de la conexión orgánica de todos los fenómenos macrocósmicos que excluye la existencia de procesos aislados.

The outer and the inner are *one* thing, *one* constellation, *one* influence, *one* concordance, *one* duration... *one* fruit. For this is the *limbus*, the primordial matter which contains all creatures in germ, just as man is contained in the *limbus* of his parents. The *limbus* of Adam was heaven and earth, water and air; and thus man remains like the *limbus*, he too contains heaven and earth, water and air; indeed, he is nothing but these.¹⁶

Según Paracelso, Dios creó al mundo por medio de la palabra *Fiat!* Comenzó entonces a desarrollarse el *elyliaster*—unidad de materia y fuerza— hasta llegar a ser el *mysterium magnum*, —el ideos o caos— conformado por la fuerza vital y la materia orgánica. La fuerza primitiva que reside en este se dividió luego en tres *fuerzas* fundamentales, existentes en todos los objetos naturales: el ser fluido (mercurio), el ser combustible (azufre) y el ser sólido y soluble en líquidos (sal). Por otro lado, la materia primitiva del caos se descompuso en cuatro elementos, tierra, agua, viento y fuego, que generarían los distintos objetos naturales de forma semejante a la generación de una planta a partir de su semilla. Y, nuevamente, esos elementos no serían las materias conocidas, sino fuerzas también.

Así pues, Paracelso consideraba al mundo orgánico con ojos esencialmente distintos de los nuestros. Sólo veía fuerzas, sólo ideas y almas, sólo lo general.¹⁷

¹⁵ *Ibidem*, p. 88.

¹⁶ Paracelsus, *Selected Writings*, *op. cit.*, p. 21.

¹⁷ Radl, *op. cit.*, p. 101.

Ahora bien, en el universo orgánico paracelsiano, los elementos son la “madre” de los objetos, de la misma manera en que la Tierra es madre de los hombres y de las cosas que crecen en ella. El agua es la *matrix* de metales, piedras y gemas y la sustancia principal de las plantas, por ejemplo. Sin embargo, como mencionamos antes, para Paracelso el agua que percibimos no es el verdadero elemento espiritual, sino solamente una cruda aproximación a él y lo mismo vale tanto para el resto de los elementos como para los principios. Esto es, los tres principios son sustancias espirituales cuyos semejantes más próximos en la naturaleza son el azufre, el mercurio y la sal. El azufre origina la combustibilidad, pero también la estructura y la sustancia. La solidez y el color se deben a la sal y la cualidad vaporosa es ocasionada por el mercurio. Y cada principio es cualitativamente diferente en materiales diferentes. Finalmente vale la pena destacar que al añadir la sal a la teoría azufre-mercurio, Paracelso extendió esta teoría de modo que pudiera usarse para todos los objetos y no sólo para los metales y, con ello, le dio un carácter operativo. Mientras los aristotélicos especulaban en torno a cuatro elementos, los seguidores de Paracelso podían ver en el laboratorio una parte combustible, otra vaporosa y residuos terrosos cada vez que realizaban una destilación orgánica.

Por otro lado, gracias a Paracelso y a su concepción química de la Creación, se desarrolló entonces una filosofía química con pretensiones universalizantes. Y es que en este marco, la naturaleza comenzó a verse como un vasto laboratorio químico; las tormentas se explicaban como una explosión de pólvora a gran escala; las lluvias como circulaciones semejantes al fenómeno producido al calentar agua en un matraz. La fisiología humana no quedó al margen de este tipo de explicaciones, pues para Paracelso la enfermedad era una reacción química dentro del cuerpo y los diferentes tipos de enfermedad eran ocasionados por diversas interacciones entre los tres principios y los elementos. Ya que en la naturaleza se generaban las plantas medicinales y los minerales justamente en virtud de tales interacciones, era obligación del médico tratar de imitarlas para producir, partiendo de la planta o el mineral, un remedio contra la enfermedad. El mismo funcionamiento del cuerpo humano estaba regulado por *archei*, una suerte de alquimistas internos residentes en los diferentes órganos. Y es que cada órgano del cuerpo tenía su propia composición química aunada a una función específica, que era llevada a cabo por una fuerza espiritual o esencia vital, el *archeus*.

En este sentido, la alquimia-química significaba para el paracelsiano algo más que el arte de transmutar los metales en oro o la búsqueda de medicinas preparadas químicamente. Aunque

Paracelso aceptaba definitivamente la alquimia en tanto doctrina de la transmutación, “alquimia” quería decir también llevar a su fin algo que no había sido completado todavía; en consecuencia, comprendía cualquier proceso natural en el que las sustancias trabajaran o se metamorfosearan hacia un nuevo fin, esto es, el arte culinario, la química, los procesos fisiológicos, etc. La obra de Paracelso dio lugar así a una nueva área de estudios, la iatroquímica, en la que la química se puso al servicio de la medicina.

Si en el arte farmacéutico no se puede encontrar el [remedio] correcto, tendremos que seguir buscando; es decir, que tendremos que aprender de la Alquimia. En ella encontraremos la verdadera causa y todo lo necesario. Aunque ahora la Alquimia ha caído en el descrédito e incluso se considera finiquitada, el médico no debe preocuparse por ello. Porque muchas artes, como la Filosofía, la Astronomía y otras más, gozan también de mala fama.¹⁸

Durante el siglo XVII las doctrinas iatroquímicas se harían muy populares, sobre todo en Francia. Pero de hecho, y más allá de esta estrecha vinculación con la medicina, el dominio de la alquimia abarcaba para Paracelso el estudio del cosmos entero:

La Medicina descansa sobre cuatro columnas: la Filosofía, la Astronomía, la Alquimia y la Ética. La primera columna debe comprender filosóficamente tierra y agua; la segunda, la Astronomía, debe aportar el pleno conocimiento de lo que es de naturaleza ígnea y aérea; la tercera debería explicar sin falta las propiedades de los cuatro elementos —es decir, de todo el Cosmos— e iniciar en el arte de su elaboración, y finalmente la cuarta debería mostrar al médico aquellas virtudes que han de acompañarle hasta su muerte y deben apoyar y completar las otras tres columnas.¹⁹

Este concepto paracelsiano de alquimia fue mantenido por sus seguidores. Uno de los primeros paracelsianos, Richard Bostocke (c. 1530-1605), por ejemplo, afirmó en 1585 —en su *The difference betwene the auncient phisicke... and the latter phisicke*— que la verdadera medicina y la ciencia eran equivalentes, pues la primera consistía en “the searching out of the secrets of nature” y añadió: el verdadero nombre de la medicina es “Chymia, or Chemeia, or Alchymia, & mystica & by some of late Spagirica Ars”.²⁰

Finalmente, la metáfora del micro y el macrocosmos, la organicidad de la naturaleza al interior de la cual las ideas humanas y la naturaleza misma no son cosas entre las cuales exista una separación sino, al contrario, algo estrechamente vinculado, ofrecen apoyo para esta amplia concepción del objeto de la alquimia y fundamentan a la vez el gran optimismo epistemológico de Paracelso:

¹⁸ Paracelso, *Textos Esenciales*, op. cit., p. 124.

¹⁹ *Ibidem*, p. 106.

²⁰ Bostocke, citado por Debus, *The English Paracelsians*, op. cit., p. 24.

We men discover everything that lies hidden in the mountains by external signs and correspondences, and thus also do we find all the properties of herbs and everything that is in the stones. There is nothing in the depths of the seas, nothing on the heights of the firmament, that man is unable to discover.²¹

Es la voluntad de Dios, dice también este autor, que nada sea incognoscible en la medida que el individuo camine “a la luz de la naturaleza”, pues todo cuanto hay en la naturaleza existe en razón del hombre.

A la noción paracelsiana de *tria prima* se le sumaría otra postura antiaristotélica, la de Jan Baptista van Helmont, quien puso en el centro de su sistema al agua concebida como la materia primigenia a partir de la cual se formaron todos los cuerpos.

2.4 Van Helmont

Así pues el panorama que se nos presenta en relación a los elementos es el de un compromiso, y no un desplazamiento, entre los elementos aristotélicos y los principios paracelsianos. Aunque la doctrina de la *tria prima* reemplazó con rapidez en el terreno de la teoría general de la materia a la antigua teoría azufre-mercurio de la composición metálica,²² no pudo sustituir por completo a la teoría aristotélica de los cuatro elementos, con lo cual ambas listas de sustancias básicas, mezcladas de formas diversas, subsistieron juntas por largo tiempo. Como dijimos, podemos encontrar en el siglo XVII a diferentes autores planteando sistemas que postulaban desde uno hasta siete elementos fundamentales. A esta situación contribuyeron la obra de van Helmont—quien le negó todo papel químico al fuego y el aire pero, en cambio, concedió un lugar central al agua—y el hecho de que se asociaran las propiedades del mercurio (fusibilidad y volatilidad) con el agua como principio de cohesión; la del azufre (inflamabilidad) con el fuego, y las de la sal (no combustible) con la tierra.

El iatroquímico bruselense Jan Baptista van Helmont (1577-1644) fue un seguidor de Paracelso, aunque no coincidía con él en todos sus planteamientos; así, se propuso establecer una visión alternativa, más simple y supuestamente más empírica, de la composición de los objetos materiales. Como filósofo químico, veía en la química la clave para comprender a la naturaleza. Consideraba también que la medicina era la ciencia principal y que en su estudio la química

²¹ Paracelsus, *Selected Writings*, *op. cit.*, p. 120.

²² Sobre la persistencia de la teoría azufre-mercurio en el terreno de la crisopoeia (fabricación de oro), ver Lawrence M. Principe, *The Aspiring Adept*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1998.

ocupaba un lugar privilegiado. Al mismo tiempo, se hallaba de acuerdo con Descartes y Bacon en el rechazo total a la medicina y la filosofía natural antiguas y en el llamado a una nueva filosofía. Esto hizo que muchos de los estudiosos de mediados del siglo XVII vieran en efecto en su obra una filosofía química renovada, con nuevos estándares, capaz durante un tiempo de competir con la filosofía mecanicista. Para van Helmont, era un hecho que el Creador había puesto en las cosas un “poder motivador”, poder que explicaba por ejemplo el latido del corazón y el movimiento de las mareas. Y si por un lado van Helmont aseguraba haber sido testigo de la transmutación de un metal en oro, por otro, en su trabajo experimental, puso el énfasis en la cuantificación.

En primer lugar, descartó la teoría de los cuatro elementos tradicionales, por razones de tipo religioso fundamentalmente: porque Aristóteles era pagano, porque tal teoría entraba en contradicción con la interpretación que él hacía de la Biblia y, también porque, decía, era contraria a la experiencia; no podía mostrarse que los constituyentes básicos fueran siempre los cuatro elementos. Algo semejante ocurría con la *tria prima*: los químicos realmente no habían mostrado que todas las materias pudieran descomponerse en sal, azufre y mercurio ni que esta fuera la última resolución posible. A fin de establecer su propia postura en torno a este tema, se volvió hacia el *Génesis* y encontró que en ese texto se le concede gran importancia al agua. Retomó algunas de las indicaciones en este sentido y, basándose en ellas, intentó mostrar que el agua es el principio material de todo cuerpo creado por Dios y que, en consecuencia, todos los cuerpos pueden en ciertas condiciones ser reducidos a agua insípida. Para probar esta tesis realizó un experimento en el que mostró que un sauce, cuyo peso inicial era de cinco libras, llegó a pesar más de 169 luego de cinco años. Ya que durante ese tiempo sólo se le había añadido agua, las 164 libras de diferencia debían haberse producido gracias al agua; en otras palabras, la tierra estaba formada en última instancia de agua.

I have learned by this handicraft-operation, that all Vegetables do immediately, and materially proceed out of the Element of water onely. [...] The Earth is as it were born of water; because it may be reduced into water. But if water be changed into an Earthy Body, that happens by the force or virtue of the Seed.²³

Aparece aquí implícito uno de los conceptos centrales de van Helmont, el de *alcahest*, el disolvente universal, que —capaz de disolver cualquier cuerpo en agua— servía como ilustración a su doctrina y también, supuestamente, la probaba. Ahora bien: si la unidad de lo creado estaba dada

²³ Van Helmont, *Oriatricke, or Physick Refined, the common Errors therein Refuted...*, London, 1662, en webserver.jemoyne.edu/faculty/giunta/Helmont.html.

por el agua, principio material, la diversidad de los objetos existentes era resultado de una especificación producida por un principio espiritual, que imprimía a cada objeto su carácter propio. Se trataba de fermentos especificadores que, al pasar de una sustancia a otra y reaccionar entre sí, originaban los fenómenos químicos: el crecimiento de las plantas, el desarrollo embrionario de los animales, la digestión, la formación de minerales y cristales.

En los seres vivos, estos fermentos iban acompañados por un principio que regía la generación y la asimilación de sustancias extrañas: el *archeus*. Pero los metales y los minerales eran también semejantes a los seres vivos pues, como vimos, se creía que se generaban y crecían dentro de la Tierra. Van Helmont concebía al universo como una unidad en la que todas las cosas creadas realizaban a su manera el mismo universo. No obstante, a diferencia de los cartesianos que intentaban reducirlo todo a una materia única y a su movimiento, para van Helmont a cada cosa correspondía un fermento específico.

The first beginnings of bodies, and of corporeal causes, are two, and no more. They are surely the element water, from which bodies are fashioned, and the ferment.²⁴

Van Helmont concebía al aire como una sustancia intransmutable, que llenaba todo el espacio; no un verdadero elemento, sino solamente el sitio en el que ocurrían las transformaciones físicas y químicas. En este sentido era algo parecido a un éter, un fluido que no podía comprimirse y a través del cual se propagaban los movimientos. A diferencia de lo que ocurría para quienes pensaban que el aire era un elemento, las burbujas que se observaban cuando un metal era disuelto por un ácido constituían un problema para él: si el producto de esas reacciones era efectivamente aire, los griegos habrían tenido razón. Para mostrar que antes bien él se hallaba en lo cierto, estudió las burbujas; las olió, las probó e intentó disolverlas en agua y otros líquidos. Sobre esa base, concluyó que no eran aire: mientras el frío hacía que el vapor y otras sustancias aeriformes se tornaran líquidas, dijo, el aire no se podía condensar. Ya que el agua no podía convertirse en aire ni viceversa, las burbujas debían ser algo diferente, sencillamente otra forma más de agua.

Esto significaba a su vez que el aire no jugaba papel alguno en las reacciones químicas ni era “alimento” del fuego, pero que mezcladas con él existían sustancias aeriformes, entre ellas los vapores de agua, los atmosféricos, los de la flama y los que resultan de la combustión del azufre. Van Helmont acuñó la palabra *gases* para distinguir a estas sustancias que sí podían transmutarse

²⁴ Van Helmont, citado por Brock, *op. cit.*, p. 50.

en agua. De tal manera, reconoció la naturaleza material de productos de reacciones químicas que, en un marco no aristotélico, habían sido vistos como inmateriales. Pero, a pesar de que observó las diferencias entre gases provenientes de distintas fuentes, no pudo aislar ninguno nunca, así que no tenía evidencia experimental real de la licuefacción, esto es, de la clave de su argumento.

El fuego tampoco era un elemento constituyente de los cuerpos, sino un principio de cambio únicamente. El *Génesis* no hacía referencia alguna a él, en primer lugar. Por otro lado, el fuego ocasionaba una transformación en las sustancias; aunque los principios paracelsianos eran útiles en la medida en que muchos materiales podían separarse en tres fracciones, no era seguro que realmente tales fracciones fueran los principios elementales; probablemente ni siquiera existían como principios antes de la destilación. En consecuencia, el fuego no era la clave apropiada para el análisis.

Van Helmont introdujo otro concepto notable, el de *blas*. Un gas, decía, puede condensarse para formar un vapor y luego caer como lluvia bajo la influencia del *blas*, un poder astral de carácter vagamente gravitacional y la fuerza causante del movimiento y el cambio en todo el universo. Tanto en la idea de *archeus* como en esta noción de *blas* se refleja la decisión helmontiana de mantener una ontología unitaria en la que los todos los fenómenos están vinculados, son de un mismo tipo básico, y en la que por tanto alma y materia no son separables; en su doctrina, la materia se espiritualizó y la naturaleza se tornó panteísta.²⁵

Esta perspectiva resultó muy atractiva para varios grupos religiosos en el contexto de la revolución puritana inglesa, de modo tal que los escritos de van Helmont, pero también los de Paracelso, circularon ampliamente en las décadas 50 y 60 del siglo XVII. Al mismo tiempo que eran usados como armas en la batalla por el poder entablada entre médicos y farmacéuticos, eran útiles en un momento en que la ideología religiosa se hallaba en estado de flujo. A favor del neoplatonismo —apoyado por Cusano, C. Agrippa y los filósofos italianos— y de la mística —estimulada por Lutero y las luchas religiosas de esa época— ese ambiente se diseminó en oposición explícita a la ciencia aristotélica de las universidades. La importancia concedida a la iluminación personal se hace evidente en la noción helmontiana de verdad, de acuerdo con la cual

²⁵ Esta decisión es también visible en el concepto helmontiano de Espíritu Vital, que era “a more pure and vital breath of Heaven, a Spirit which comprehends and cherishes within it self the Sun, an all the herd of lesser Stars, a minde or intelligence which diffused through all the limbs or parts of this great *Animal*, the *World*, doth inform and regulate the whole”; van Helmont, “The Magnetick Cure of Wounds”, en *A Ternary of Paradoxes*, London, 1650, p. 44.

el conocimiento verdadero era fruto del genio, una gracia especial concedida por Dios.²⁶ El triunfo de una visión aparentemente opuesta, el mecanicismo, a mediados de los 1660, no impediría sin embargo la aparición de ecos del enfoque helmontiano en la obra de Boyle y en la de Newton.²⁷ En cuanto al tema que más nos interesa podemos decir que van Helmont, reconocido por generaciones posteriores de químicos, sostuvo una visión de una naturaleza activa en virtud de fuerzas propias y un punto de vista desde el que el modelo para pensar las cosas en general era lo viviente.

2.5 Paracelsianismo e iatroquímica

Los iatroquímicos desarrollaron la propuesta helmontiana y le sumaron la doctrina de las analogías. Según esta doctrina, propuesta por Paracelso y bajo el supuesto (también paracelsiano) de que lo similar atrae a lo similar, los iatroquímicos intentaron tratar las enfermedades de cada órgano del cuerpo humano haciendo uso del metal con el cual aquel se hallaba en correspondencia. Su tesis era que, en lugar de corregir a la naturaleza, el iatroquímico debía ayudarla a seguir su curso.

	ASTROS	METALES	CUERPO
ANALOGÍAS	Sol	Oro	Corazón
	Luna	Plata	Cabeza
	Mercurio	Mercurio	Hígado
	Júpiter	Estaño	Pulmones
	Saturno	Plomo	Bazo
	Venus	Cobre	Riñones
	Marte	Hierro	Vesícula

La búsqueda de la mejor manera de administrar los remedios metálicos, salinos, condujo al desarrollo de la farmacéutica, que su vez perfeccionó los instrumentos de laboratorio y estimuló el experimentalismo. Y es que se albergaba la esperanza de descubrir o bien nuevas “signaturas de las cosas” o bien remedios prodigiosos. Los remedios de origen metálico probaron su gran utilidad en al menos algunos casos; esto, sumado a las promesas de cura realizadas por algunos charlatanes,

²⁶ Ver Radl, *op. cit.*, p. 196.

²⁷ En torno a van Helmont ver Metzger Hélène, *Les Doctrines Chimiques en France du Début du XVII^e à la Fin du XVIII^e Siècle* (1923), Albert Blanchard, Paris, 1969; Debus Allen, *The French Paracelsians*, *op. cit.*; McKie Douglas, “Introduction” a Lavoisier, *Elements of Chemistry*, Salzberg Hugh, *From Caveman to Chemist*, American Chemical Society, Washington D. C., 1991; Partington, *A Short History of Chemistry*, Dover Publications, New York, 1989; y Radl (1905), *Historia de las teorías biológicas*, Alianza Universidad, Madrid, 1988. Sobre la influencia de van Helmont ver también Principe, *The Aspiring Adept*, *op. cit.*

contribuyó a que, a pesar de la fuerte oposición presentada por los médicos partidarios de Galeno, la iatroquímica ganara gran importancia. Sin embargo, los seguidores de esta filosofía química no se contentaban con el papel de auxiliares de la medicina; al contrario, pretendían abarcar toda la ciencia humana y explicar lo mismo los cambios orgánicos que la mayoría de los fenómenos observables. Así pues, los químicos

osèrent tout d'abord avancer et soutinrent à la fin, comme chose certaine, que tout se passe dans la nature de même que dans le corps humain; que toutes les réactions que nous constatons dans nos expériences sont identiques à celles qui se produisent dans notre organisme et que l'étude de la chimie dévoile au savant attentif les mystères, d'apparence impénétrable, des phénomènes de la vie.²⁸

La influencia de van Helmont, por su parte, tampoco se limitó a la conjunción de medicina y química. La alianza propuesta por él entre el método experimental y la cosmología bíblica atrajo a seguidores que —como Becher— comenzaron a partir de entonces a observar con atención los fenómenos materiales con la finalidad de encontrar concordancias con el *Génesis*. Por otro lado, y no obstante la crítica helmontiana a las doctrinas de los cuatro elementos y de la *tria prima*, algunos químicos intentaron hacer una síntesis entre ambas teorías.

Las doctrinas iatroquímicas adquirieron gran popularidad durante el siglo XVII aunque, como dijimos, con frecuencia los remedios químicos eran adoptados sin que ello implicara la aceptación completa de la cosmología paracelsiana. En este marco una serie de investigadores produjeron obras en las que se combinaban de alguna forma los principios paracelsianos y los elementos aristotélicos; asimismo, encontramos frecuentemente en esos autores una postura definida con respecto a la química, en la que las ambiciones totalizantes de esta se transparentan. La medicina química se desarrolló sobre todo en Francia, debido en parte a la existencia en París de un sitio apropiado para la enseñanza química, el *Jardin du Roi*. Fue así que los libros de texto de química comenzaron a multiplicarse, ya fueran fruto de cursos privados o de la instrucción en el *Jardin*. Uno de los primeros de esos cursos fue el del escocés William Davison (ca. 1593-ca.1669), cuya obra *Philosophia pyrotechnica seu cursus chymiatricus* se publicó en 1635. En este texto encontramos un ejemplo claro de la conjunción de medicina, química, *Génesis* y ambiciones totalizantes. Apoyándose por un lado en la convicción de que existía una correspondencia estrecha entre los fenómenos intelectuales y los sensibles, y por otro en la Biblia como una guía en la

²⁸ Metzger, *Les Doctrines...*, *op. cit.*, pp. 199-200. Este tipo de químicos constituía el objeto real de la crítica realizada por Boyle en *The Sceptical Chemist*; ver Príncipe, *The Aspiring Adept*, *op. cit.*

interpretación y preparación de experiencias, Davison pretendía deducir de la química el conocimiento de los misterios naturales más ocultos. Propuso entonces un sistema en el que se aceptaban los cuatro elementos aristotélicos y los tres principios paracelsianos y sostuvo que eran las reacciones entre ellos las que provocaban la diversidad de las sustancias materiales que observamos.

Un ejemplo de un sistema de cinco elementos lo encontramos en Étienne de Clave, quien en 1641 publicó su propio curso de química. Aquí sostenía que los elementos eran cuerpos simples que formaban parte actual de los cuerpos compuestos y en los que estos se podían finalmente descomponer.²⁹ Los elementos eran en esta perspectiva sustancias homogéneas, cuerpos simples, incorruptibles e intransmutables entre sí. Ni el fuego ni el aire pertenecían al conjunto de los elementos, el primero porque designaba algo vago, cuyo significado podía asemejarse a la luz, el calor o la combustión; el segundo porque, a pesar de ser un cuerpo simple, no jugaba rol alguno en la composición de los mixtos excepto el de aproximarlos. Los verdaderos elementos eran cinco, el agua o *phlema*, el espíritu o mercurio, el azufre o aceite, la sal y la tierra. Aunque a diferencia de Davison no pretendía explicar mediante sus principios al universo entero, sí ponía en la base de su teoría química a las cualidades ocultas, esto es, como él mismo decía, las que sólo pueden reconocerse por sus efectos.

Otro curso de química importante en el siglo XVII fue el *Cours de Chymie* de Nicolas Lefèvre (ca. 1615-1669), publicado por primera vez en 1660 y con claras influencias paracelsianas y helmontianas. El objeto de la química, decía, incluye a todas las cosas naturales, creadas por Dios, sean o no corporales. Postuló la existencia de un principio primero, una sustancia espiritual homogénea y siempre igual a sí misma, a la que otros químicos habían designado de maneras diversas: sustancia vital, espíritu de la vida, bálsamo de la vida, luz, alma del mundo, entelequia, naturaleza, mercurio de vida, etc. De este principio y sus modificaciones se derivaban los cuerpos simples, sostenía, pues esta sustancia —única en esencia— era triple en su denominación:

Car à raison de son feu naturel elle est appelée soufre; à raison de son humide, qui est le propre aliment de ce feu, elle est nommée mercure; et enfin à raison de ce sec radical qui est la liaison de cet humide et de ce feu, on l'appelle sel.³⁰

²⁹ Étienne de Clave, *Nouvelles lumières philosophiques des vrais principes de la nature et qualités d'iceux*, 1641, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 52.

³⁰ Nicolas Lefèvre, *Cours de Chymie*, tome I, cinquième édition, Paris, 1751, pp. 21-22.

Al igual que con van Helmont, este espíritu universal se especificaba gracias a fermentos particulares, y junto con de Clave, afirmaba que en la resolución última de los mixtos la química encontraba cinco sustancias elementales, el agua o *phlema*, el mercurio, el azufre o aceite, la sal y la tierra, por medio de una destilación en la que el fuego no originaba cambios en los principios. En cambio pensaba, a diferencia de de Clave, que las propiedades de estos no eran inmutables; en ciertas condiciones y de manera excepcional podían transformarse los unos en los otros. Lefèvre sostenía, además, que la química debía rechazar las especulaciones mecanicistas e inclinarse a favor de lo que la experiencia en el laboratorio ofrece a nuestros sentidos. En este sentido la afirmación de que un cuerpo está formado por un espíritu ácido, una sal amarga y una tierra dulce se hallaba respaldada, para él, por el hecho de que en la destilación se obtenían fracciones identificables y caracterizables mediante el tacto, el olfato y el gusto.

Si en estos cursos encontramos compromisos entre la teoría aristotélica de los cuatro elementos y la *tria prima* de Paracelso —compromisos en los que si bien el fuego y el aire han sido rechazados como elementos se conserva la noción de azufre vinculada a la de aceite e inflamabilidad— el énfasis en la medicina química resalta en la obra del holandés Franciscus de la Boë Sylvius (1614-1672). Ya la influencia de van Helmont había contribuido a la aceptación de la química como una forma de farmacéutica y como sistema de explicación de los fenómenos fisiológicos, pero Sylvius jugó un papel muy importante en este proceso. Este autor extendió la teoría de la digestión de van Helmont, pero para él esta era un proceso químico natural que no involucraba ni al *archeus* ni a ningún mecanismo de transformación sobrenatural o astral. Al contrario, sobre la base del hecho bien conocido de que la reacción entre un álcali y un ácido producía efervescencia, Sylvius postuló que la digestión era una suerte de batalla entre ácidos y álcalis seguida de una neutralización. Y extendió esta concepción al resto de los procesos fisiológicos. En este sentido, no estaba de acuerdo con los paracelsianos en torno a la causa de las reacciones químicas: los primeros las atribuían a la existencia de correspondencias y analogías, mientras que Sylvius las concebía como un agudo combate entre sustancias antagónicas, combate que se manifestaba en las digestiones, fermentaciones, efervescencias, etc. En este aspecto, el *Cours de Chymie* de Jaques Thibaut de 1667 constituía un antecedente; ya este autor había sostenido que todas las reacciones químicas eran originadas por un combate entre dos cuerpos antagonistas, aunque no precisaba ni las causas del antagonismo ni el equilibrio subsecuente.

Aunque su obra se centraba principalmente en fenómenos fisiológicos, Sylvius pensaba en la química a la manera paracelsiana, como una filosofía total de la naturaleza: desde esta perspectiva todos los fenómenos del mundo eran semejantes a los fenómenos que tenían lugar al interior del cuerpo humano, es decir, fermentación, efervescencia y putrefacción. Y ya que estos fenómenos eran químicos, sólo la química podía explicarlos satisfactoriamente.

Otto Tachenius (1620-1690), alemán discípulo de Sylvius, propagó y desarrolló la nueva perspectiva establecida por su maestro, es decir, la teoría ácido-álcali. Propuso que médicos y químicos debían adoptar una teoría de dos elementos, en la que las propiedades y los comportamientos de las sustancias se explicaban por su acidez o su alcalinidad. Esta tesis obtenía su apoyo de la experiencia (donde los fenómenos químicos, la efervescencia por ejemplo, podían interpretarse efectivamente como resultado de un encuentro violento entre reactivos) y del pensamiento de Hipócrates, quien había escrito que todos los animales, incluido el ser humano, estaban compuestos de agua y fuego. Tachenius veía aquí una metáfora en la que el agua representaba al álcali y el fuego al ácido. Las nociones de álcali y ácido así entendidas originaron un sistema que, además de ser simétrico, parecía capaz de dar cuenta de todo fenómeno observable. De tal modo, el dualismo ácido-álcali sedujo por su generalidad a muchos químicos y se comenzó a llamar “álcali” a todo cuerpo que reaccionara con un *menstruo* o solvente ácido. Se trataba de una doctrina, una vez más, que no sólo intentaba dar cuenta de fenómenos fisiológicos o de reacciones materiales, sino del mundo entero.

El dualismo ácido-álcali encontró oposición tanto por parte de los cartesianos como por parte de pensadores de corte más empirista y experimentalista. Para los primeros, ese dualismo era demasiado complejo para ser digno de la perfección de Dios; para los segundos, era demasiado simple para comprender al universo entero bajo sus leyes. Sin embargo, el dualismo ácido-álcali no desaparecería de la escena por completo; aunque fue rechazado por médicos que pusieron en su lugar el mecanicismo, el animismo o los mismos métodos empíricos, a fines del siglo XVII estableció una alianza con la filosofía corpuscular. Y es que algunos de los filósofos de esta corriente, encontraron una forma geométrica de imaginar la oposición entre cuerpos. François de Saint André, por ejemplo, sostuvo en 1672 que la sal ácida se hallaba compuesta por pequeñas partículas puntiagudas, que se entremetían en los poros de los cuerpos que encontraban, haciendo

que estos se desunieran.³¹ En esta concepción los ácidos no formaban una clase de cuerpos con una composición común; pero se designaban con el mismo nombre debido a que poseían moléculas vagamente parecidas entre sí, esto es, con punta. De la misma forma, los álcalis eran aquellas sustancias cuyas partículas eran porosas, con forma de vaina. El corpuscularismo se apropiaría así, principalmente con autores como Lémery y Hartsoeker, del dualismo ácido-álcali.³²

La postura de la iatroquímica dio lugar pues, básicamente, a dos propuestas en cuanto a la teoría de los elementos: el sistema de cinco principios y el dualismo ácido-álcali. Ya que ambas serían incorporadas por el corpuscularismo, podemos rastrear la persistencia de nociones paracelsianas al interior de ese nuevo marco y en consecuencia hacer notar que no encontramos aquí tampoco una sucesión lineal de teorías, sino al contrario la persistencia de antiguos conceptos —los de mercurio, azufre y sal entre ellos— retomados y traducidos al lenguaje corpuscular. Son asimismo notables las aspiraciones totalizantes por parte de la química, aspiraciones que no entrarían en conflicto con el nuevo carácter de la filosofía natural.

2.6 Alquimia en el siglo XVII

Paralelamente al sistema de los cinco principios, combinación de paracelsianismo y aristotelismo, y al dualismo ácido-álcali, hallamos las ideas relativas a la parte de la química-alquimia que podemos llamar *crisopoeia* —fabricación de oro. De hecho, en el siglo XVII no se había producido la distinción entre química y alquimia, y ambos términos se usaban indistintamente. No fue sino hasta la tercera década del siglo XVIII que el término alquimia comenzó a aplicarse casi exclusivamente a los asuntos relativos a la transmutación de los metales.³³

Las ideas de la *crisopoeia* no desaparecerían con la llegada del mecanicismo. Ello se debe, al menos en parte, a que el intento de transformar metales imperfectos en oro incorruptible no entraba en conflicto con la teoría científica. Por otro lado, la antigua analogía entre los cuerpos metálicos y los astros errantes aunque se discutía, era aceptada todavía en lo concerniente a la formación de los cuerpos que conocemos y en la de los metales. Desde este punto de vista, los

³¹ André, *Entretien sur l'acide et l'alkali*, 1672, citado por Metzger, *op. cit.*, pp. 217-218.

³² Acerca de los iatroquímicos: Metzger, *Les Doctrines...*, *op. cit.*; Brock, *op. cit.*; Salzberg, *op. cit.*; Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*

³³ Newman & Principe, "Alchemy vs. Chemistry", *op. cit.*

metales lejos de ser esencialmente diferentes representaban solamente diferentes aspectos de un mismo ser o, incluso, fases sucesivas en el desarrollo de ese ser.

Así, en 1640 el español Álvaro Alonso Barba (1561-ca.1653) argumentó en *Arte de los Metales* que, de la misma manera en que un niño puede irse perfeccionando pero es desde un principio todo lo que un hombre puede llegar a ser en su madurez, las propiedades de los metales eran accidentes, propios de su estado imperfecto, de los cuales podían ser privados artificialmente. Este argumento en torno a la posibilidad de la transmutación de los metales era apoyado por muchos pensadores del siglo XVII, fueran o no alquimistas. En 1671, por ejemplo, Guillaume Salmon (1644-1713) comparaba el nacimiento de metales imperfectos con el nacimiento de monstruos y explicaba que esto ocurría porque la naturaleza encontraba en su camino obstáculos que le impedían actuar de la manera regular en que acostumbraba.³⁴

En esta perspectiva se hacen evidentes la concepción renacentista de naturaleza como agencia sustantiva, es decir, como agencia con fuerzas y actividad propias, y el enfoque genético que ejercerán gran influencia en la renovación de la historia natural ocurrida en el siglo XVIII. Y es que la transmutación de los metales poseía para los alquimistas los mismos caracteres que la vida:

The seed of all things has been placed by God in water. This seed some exhibit openly, like vegetables, some keep in their kidneys, like animals; some conceal in the depth of their essential being, like metals. [...] There can be no doubt that there is such a thing as metallic seed. [...] All metallic seed is the seed of gold; for gold is the intention of Nature in regard to all metals.³⁵

En consecuencia, y semejanza de las plantas y los animales, el desarrollo del oro sólo podía producir más oro; el germen de este era específico. Esta visión esencialista de las especies no excluía la posibilidad de transmutación entre ellas. En el caso de los metales la transmutación era probable porque se parecía a la maduración de un fruto, o a la nutrición y reproducción de un ser vivo. Pero para obtener oro en el laboratorio se requería, además, de un fermento que le permitiera digerir los metales imperfectos, su alimento, y transformarlos en sustancia propia: la piedra filosofal. En ciertas condiciones al menos, se podía alterar la estabilidad de las especies. La asimilación de los metales a los seres vivos implicaba que la alquimia fuera una teoría no del ser, sino del devenir de los metales. Y esto trajo consigo una serie de desacuerdos entre los estudiosos

³⁴ Salmon, *La Bibliothèque des philosophes chimiques*, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 110.

³⁵ Eirenaeus Philalaethes, *Tres tractatus de metallorum transmutatione...*, Amsterdam, 1668, en www.levity.com/alchemy/philalaet.html.

en torno a la composición de los metales; en otras palabras, si las analogías entre seres vivos y metales le permitían al alquimista conjeturar la maduración normal del reino metálico, no le decían nada acerca de las sustancias que los cuerpos metálicos contenían. Algunos concebían a los metales como cuerpos simples; otros, como producto de una transformación de la materia universal; y finalmente, otros más creían que los metales se originaban a partir de la mezcla en ciertas circunstancias de los elementos aristotélicos o de la *tria prima* paracelsiana.

No obstante, la mayoría de los filósofos herméticos coincidían en que todos los metales estaban fundamentalmente constituidos por una misma materia, el mercurio, mezclada con una tierra viscosa, llamada azufre. Era el mercurio el que le confería unidad al reino metálico³⁶ y, si la naturaleza o el arte lograban eliminar las sustancias extrañas con las se hallaba mezclado, se transformaría en oro. El trabajo del alquimista consistía en consecuencia en separar lo puro de lo impuro.

Aun desde la filosofía cartesiana —que examinaremos más adelante— la transmutación de los metales en oro no era lógicamente imposible, porque tampoco desde este punto de vista los cuerpos metálicos eran absolutamente fijos. Descartes, que no separaba la descripción de un cuerpo de la historia de su formación, creía que los cuerpos metálicos eran resultados de la penetración, al interior de la tierra, de las diferentes partículas de sal agitadas por la materia del primer elemento.³⁷

Las diferencias entre metales eran causadas solamente por la diversidad en tamaño y figura de sus *premières parties*. Así pues, la transmutación de los metales era en principio compatible con el cartesianismo: la reducción de la noción de materia al espacio ocupado por ella admitía la posibilidad de que todo cuerpo pudiera convertirse en cualquier otro. Sin embargo, había una diferencia radical entre la concepción alquímica y la cartesiana: para la primera en la naturaleza se hallaba siempre en acción una tendencia al perfeccionamiento, mientras que para la segunda la naturaleza no cambiaba con el tiempo.

Con el triunfo de la filosofía cartesiana se hizo más difícil cada vez seguir sosteniendo que una sustancia cualquiera fuera teóricamente más perfecta que otras sustancias análogas. En el enfoque de Descartes la naturaleza era ya perfecta; no podía haber en ella, por tanto, tendencia

³⁶ "All metals, though differentiated by the degree of their digestion or maturity, have the same first substance, viz., Mercury". Philaletes, *ibidem*.

³⁷ Metzger, *op. cit.*, p. 128.

alguna al perfeccionamiento. Pero aunque la filosofía hermética sería suplantada por nuevas doctrinas, no desapareció del todo. A comienzos del siglo XVIII la crisopoeia seguía estando tan difundida que los miembros de la Académie Royale des Sciences no podían ignorarla; incluso el *Journal des Sçavans* le concedía un sitio a ella y a la medicina alquímica. Y a pesar de que para mediados de ese siglo prácticamente todos los químicos veían a la alquimia (reducida a crisopoeia) como una pseudociencia, y creían que la transmutación era técnicamente imposible, continuaron apareciendo de forma intermitente historias acerca de transmutaciones.³⁸

2.7 Mecanicismo

Como veremos más adelante, en la propuesta química de Buffon aparecerán nociones que fueron avanzadas primero en el contexto del aristotelismo (la teoría de los cuatro elementos) y el del paracelsianismo, el helmontianismo y la alquimia (la visión de la naturaleza como activa, la importancia concedida a la inflamabilidad). Pero la que Buffon hizo suya completamente —con la adición de las fuerzas newtonianas entre partículas— fue la visión corpuscularista y mecanicista. Esta concepción no fue sin embargo una doctrina unificada. Las principales diferencias a su interior se relacionan con la posibilidad de que los átomos fueran o no divisibles y poseyeran o no características particulares inmutables.

El mecanicismo entabló una batalla frontal en contra del aristotelismo. Ya desde el Renacimiento había salido a la luz una nueva perspectiva desde la cual esa doctrina podía cuestionarse y esto cuando, a principios del siglo XV, los humanistas dieron inicio a la traducción de la obra de los atomistas griegos. En particular el poema de Lucrecio, *De Rerum Natura* (57 a. C.) —conocido durante la Edad Media únicamente por referencias y algunas citas— fue redescubierto en 1417 por Gian Francesco Poggio e impreso en 1473. En ese poema se exponía la

³⁸ Brock, *op. cit.*, p. 38. Acerca de este tema ver también Metzger, **Les Doctrines...**, *op. cit.* y Priesner & Figala, **Alquimia, enciclopedia de una ciencia hermética**, Herder, Barcelona, 2001. Es preciso añadir aquí que en los últimos años se han hecho una serie de críticas a la postura de Metzger en torno a la alquimia. Newman y Principe sostienen que, para Metzger, la alquimia es esencialmente organicista y vitalista y que esto es una mera ilusión. Ya en este sentido Golinski había afirmado en 1987 que Metzger les adjudicaba a los pensadores anteriores al mecanicismo una suerte de pensamiento primitivo (Jan Golinski, "Hélène Metzger and the Interpretation of Seventeenth Century Chemistry", *History of Science* XXV, 1987). Sin embargo, desde mi punto de vista, la interpretación del reino metálico en términos que actualmente aplicaríamos a los seres vivos —ciertamente presente aunque quizás no universal— tenía por lo menos la fuerza metodológica de una analogía muy útil en las consideraciones acerca de este tema. Esta postura puede considerarse "irracional" solamente si la juzgamos en relación a las ideas actuales.

versión de Epicuro de las ideas atomistas de Demócrito y gracias a él volvieron a la escena el concepto de vacío y el de átomos, esto es, las partículas más pequeñas de las sustancias, poseedoras de forma y tamaño específicos y en movimiento continuo. Desde este nuevo enfoque, en lugar de los cuatro elementos transmutables entre sí mediante el cambio en sus propiedades lo que existían eran átomos, pero no había acuerdo acerca de si estos podían cambiar o no.

La idea de que la materia estaba compuesta por átomos fue ganando seguidores, especialmente entre los iatroquímicos. Si a principios del siglo XVII este grupo se hallaba en guerra en contra de la filosofía aristotélica, esta era una batalla en la que no luchaban solos. Al contrario, los partidarios de la filosofía corpuscular intentaban también construir un nuevo sistema de la naturaleza, que retomara y desarrollara las redescubiertas concepciones atomistas de Demócrito, Epicuro y Lucrecio. Este intento de los atomistas encontró un aliado en el mecanicismo cartesiano y triunfó finalmente, conquistando la filosofía natural y la medicina primero y la química después.

Entre 1550 y 1625, fechas en las que aparecieron las primeras menciones a los átomos, se produjo una tendencia cada vez mayor a pensar en términos atomistas. El primer rechazo —al menos parcial pero ya de corte corpuscularista— de la teoría química de Aristóteles, parece haber sido el efectuado por Girolamo Cardano (1501-1576). Este autor sostenía ya, anticipándose a Bacon, que el fuego era solamente una forma de movimiento de los átomos. El punto de vista atomista comenzó entonces a difundirse con rapidez: Jean Bodin (1520-1596) escribió acerca de los átomos en las sustancias químicas y David van Goolle (1592-1639) sugirió que el agua y la tierra existían bajo la forma de átomos. Otros autores, como Tomasso Campanella (1568-1639), a pesar de que seguían creyendo en la transmutación, rechazaron por completo la teoría aristotélica de los cuatro elementos y la *tria prima* de Paracelso. En 1620 Sebastian Basso propuso una teoría atómica en la que toda sustancia estaba compuesta por partículas —cada una de las cuales tenía una naturaleza específica, distinta de la de las demás— alejándose todavía más de la creencia griega en la simplicidad, esto es, de la idea según la cual sólo unos cuantos elementos fundamentales daban lugar a innumerables sustancias. En 1605 también Francis Bacon presentó argumentos a favor de la teoría atómica de Demócrito; las propiedades de los materiales podían explicarse en términos del tamaño y la forma de las partículas que los componían, dijo, aunque tales partículas no necesariamente eran indivisibles; así, cualidades tales como “heavy or light, hot or cold, dense

or rare, hard or soft” eran “results of composition and combination” de los átomos.³⁹ Fue bajo su influencia, entre otras cosas, que la mayoría de los científicos ingleses que le siguieron adoptaron la teoría atomista.

La convicción de que el mundo estaba constituido en última instancia por partículas cuyos movimientos, formas, combinaciones y separaciones podían dar cuenta de las propiedades y el comportamiento de los objetos sensibles, fue la base sobre la cual mecanicistas como Gassendi, Hobbes y Descartes construyeron amplios sistemas de filosofía natural. Estos sistemas, aunque diferentes entre sí, tenían como objetivo común la deducción de los fenómenos observables a partir del comportamiento hipotético de corpúsculos invisibles. La tarea del filósofo natural era, en este sentido, sugerir mecanismos plausibles, modelos, del comportamiento corpuscular.

La filosofía corpuscular, en sus inicios, no se ocupaba explícitamente de temas químicos. Pierre Gassendi (1592-1655), por ejemplo, no hacía intento alguno en este sentido. Antes bien, lo que pretendía era establecer que las nociones sensibles tienen su origen en la acción de ciertos corpúsculos capaces de hacer impresión en nuestros órganos sensoriales. Estos corpúsculos eran, en su concepción, partículas indeformables, perfectamente duras, que sólo diferían entre sí por su forma y su tamaño. Inalterables e indivisibles, Dios les había otorgado un movimiento perpetuo desde el comienzo del mundo. Pero, y de ahí la atracción que esta filosofía ejercería sobre los químicos, creía que era posible representar las diferentes propiedades de los cuerpos mediante las figuras de sus átomos. Esta idea influyó profundamente en Boyle, quien concibió los fenómenos químicos como reductibles a las acciones puramente mecánicas de los corpúsculos.

El microscopio constituyó un fuerte apoyo para la filosofía atomista, por otro lado. Los variados descubrimientos realizados gracias a su uso, fomentaron la esperanza de llegar a ver los átomos, algún día, mediante el microscopio. En este marco, Leewenhoeck afirmó que las diferencias de sabor entre las diferentes sales provenían de las diferencias en la configuración de sus moléculas; luego de observar atentamente los minúsculos cristales salinos intentó incluso describir los corpúsculos infinitamente pequeños de la sal marina, el azúcar, la arena, el salitre. Y es que la convicción de que las partículas constitutivas del mundo material eran en principio accesibles a la

³⁹ Bacon Francis, *The Works of Francis Bacon*, vol. V, London, 1861, p. 464. “A necessity plainly inevitable drives men’s thoughts (if they would be consistent) to the atom; which is a true being, having matter, form, dimension, place, resistance, appetite, motion, and emanations; which likewise, amid the destruction of all natural bodies, remains unshaken and eternal”, *ibidem*, p. 492.

vista, nacida de la conjunción entre filosofía corpuscular y observaciones microscópicas, condujo a un gran número de químicos a pensar que tales partículas se podían representar visualmente.⁴⁰

2.7.1 *La materia cartesiana*

Esta expectativa llegó a predominar en química a causa, al menos en parte, del éxito del cartesianismo. Sin embargo la filosofía de Descartes se oponía al atomismo en algunos puntos; por ejemplo, negaba la existencia del vacío.

Pour ce qui est du vide, au sens que les philosophes prennent ce mot, à savoir pour un espace où il n'y a point de substance, il est évident qu'il n'y a point d'espace en l'univers qui soit tel. [...] La nature de la matière ou du corps pris en général ne consiste point en ce qu'il est une chose dure, ou pesante, ou colorée, ou qui touche nos sens de quelque autre façon, mais seulement en ce qu'il est une substance étendue en longueur, largeur et profondeur.⁴¹

Si la materia se definía sólo por la medida del espacio ocupado por ella, la existencia de una molécula aislada era ininteligible y, por tanto, no era válido hablar de un cuerpo sin situarlo en el medio que lo rodeaba y contribuía a su formación. Los autores influidos por este enfoque comenzaron entonces a considerar cada cuerpo en su relación con otros y con el universo; Redi hablaría de los “seres vivientes encapsulados dentro de otros seres vivientes” y Steno de los “cuerpos sólidos encerrados por la naturaleza dentro de otros cuerpos sólidos”.⁴²

De esta concepción de la materia se deriva otra característica de la filosofía cartesiana que vale la pena subrayar: desde ese enfoque la descripción de un cuerpo natural y la historia de su formación constituyen un todo inseparable. Y de ahí que Descartes encontrara necesario, a fin de describir el estado actual del mundo, introducir en sus *Principes de la Philosophie* (1647) una historia de su creación. De acuerdo con ella, Dios creó primero una cierta cantidad de materia, que dividió en partes duras y cúbicas, apiñadas unas sobre otras. A esta materia le otorgó a continuación dos tipos de movimiento, uno alrededor de su propio centro y otro alrededor de un centro común; como resultado del movimiento, los ángulos de los cubos se rompieron y las partículas devinieron esféricas. Los ángulos rotos conformaron una materia infinitamente fina (la materia sutil o primer elemento). Las esferas por su parte constituyeron al unirse la materia

⁴⁰ En torno al atomismo: Salzberg, *op. cit.*; Metzger, *Les Doctrines...*, *op. cit.*; Levere Trevor H., *Affinity and Matter*, Clarendon Press, Oxford, 1971.

⁴¹ Descartes, *Les Principes de la Philosophie* (1647), en *Œuvres de Descartes*, tome III, F. G. Levrault, Libraire, Paris, 1824, pp. 133 y 123.

⁴² Ver Metzger, *op. cit.*

globulosa (segundo elemento) y los trozos más grandes de los ángulos rotos formaron una materia irregular (el tercer elemento). Esta última se convirtió en la materia de los cuerpos opacos; el primer elemento dio lugar al sol y el segundo a los cielos.

Le soleil et les étoiles fixes ont la forme du premier de ces éléments, les cieux celle du second, et la terre avec les planètes et les comètes celle du troisième.⁴³

Asimismo, los tres elementos correspondían a tres grados de la materia: la materia terrestre era la mayor, la materia globulosa era más pequeña y se alojaba en los huecos dejados por aquella, y la materia sutil, la más fina de todas, llenaba los espacios restantes. Por último, el tercer elemento se dividía a su vez en tres géneros:

Le premier comprend toutes celles [parties] qui ont des figures fort empêchantes, et dont les extrémités s'étendent diversement çà et là, ainsi que des branches d'arbres [...]. Le second genre contient toutes celles qui ont quelque figure qui les rend plus massives et solides que les précédentes; [...] elles peuvent avoir toutes les diverses figures qu'ont des pierres qui n'ont jamais été taillés [...]. Le troisième est de celles qui étant longues et menues, ainsi que des joncs ou des bâtons, ne sont point embarrassantes comme les premières, ni massives comme les secondes.⁴⁴

Es posible ver en esta descripción del tipo de partículas que conformaban la materia terrestre una analogía con el azufre, la sal y el mercurio paracelsianos.

La historia de la creación, presentada por Descartes a modo de hipótesis o ficción, daba cuenta de los fenómenos astronómicos y de los terrestres, de la formación de metales y minerales y de la de los seres vivos. Los tres elementos cartesianos, además, se asemejaban tanto a la tierra, el aire y el fuego aristotélicos como a la sal, el mercurio y el azufre paracelsianos. Y debido a ello, algunos seguidores de Descartes lograron mezclar su sistema con antiguas ideas químicas. Pero hay más; al parecer Descartes no era ajeno a textos con resonancias herméticas.⁴⁵ En 1619 escribió en sus cuadernos de notas acerca de las armonías universales en un tono más cercano al del pensamiento hermético que al de la filosofía mecanicista, haciendo evidente, además, su interés en la prolongación de la vida, la acción por simpatía y la importancia de la medicina. El objeto de la ciencia era para Descartes asimismo la elaboración de una filosofía práctica, meta muy cercana a la que tanto la magia natural como Bacon se habían propuesto. Por último, el objetivo final de esa filosofía no era la elucidación de los problemas físicos, sino la conservación de la salud; en este

⁴³ Descartes, *op. cit.*, p. 218.

⁴⁴ Descartes, *op. cit.*, pp. 356-357.

⁴⁵ Debus Allen G. *The French Paracelsians*. Cambridge University Press, Cambridge, 1991, p. 67.

sentido mejorar la medicina era para Descartes, no menos que para los paracelsianos, la meta de su vida.

Il n'y a rien à quoi l'on se puisse occuper avec plus de fruit qu'à tâcher de se connoître soi-même; et l'utilité qu'on doit espérer de cette connoissance ne regarde pas seulement la morale, ainsi qu'il semble d'abord à plusieurs, mais particulièrement aussi la médecine, en laquelle je crois qu'on auroit pu trouver beaucoup de préceptes très assurés, tant pour guérir les maladies que pour les prévenir, et même aussi pour retarder le cours de la vieillesse, si on s'étoit assez étudié à connoître la nature de notre corps.⁴⁶

2.7.2 La figura de las partículas

Enfrentados en sus laboratorios a la enorme diversidad de cuerpos observables, los químicos modificaron en parte la filosofía cartesiana: conservando su principio esencial, la definición de materia, intentaron deducir las diferentes propiedades de las sustancias de la hipotética forma de sus partículas elementales y sostuvieron que las reacciones entre estas se producían de acuerdo a las leyes de la mecánica. Simultáneamente, la visión corpuscular asimilaría con el tiempo sistemas más antiguos, que serían traducidos a su lenguaje. Así, Duncan, en su *Chimie naturelle ou l'explication chimique et mécanique de la nourriture de l'animal* (1682), unía las creencias iatroquímicas con las cartesianas: para explicar la formación de los frutos hacía uso de los tres elementos y de los vórtices de Descartes, dando cuenta de la génesis de su hueso, de su carne y de su piel. De este modo la filosofía cartesiana, a costa de algunas modificaciones, le otorgó a las doctrinas químicas el apoyo de la autoridad que recién había adquirido.

Ahora bien, desde el enfoque cartesiano, las moléculas solamente tenían la propiedad de ocupar un espacio y por tanto carecían de dureza y de forma definitivas. Eran divisibles al infinito y su figura se debía únicamente a la acción mecánica del medio en el que se movían; en otras palabras, su forma era accidental y temporal y nada impedía que un cuerpo pudiera transformarse en cualquier otro.⁴⁷ Sin embargo, la filosofía cartesiana se oponía frontalmente a algunas de las teorías alquímicas según las cuales la maduración del reino metálico era resultado de una tendencia al perfeccionamiento. Los cartesianos afirmaron que ningún cuerpo, ni siquiera el oro, era más

⁴⁶ Descartes, *De la Formation du Fœtus, Œuvres de Descartes*, tome IV, Levrault, Libraire, Paris, 1824, pp. 431-432.

⁴⁷ "Il importe fort peu de quelle façon je suppose ici que la matière ait été disposée au commencement, puisque sa disposition doit par après être changée, suivant les lois de la nature [...]; car ces lois étant cause que la matière doit prendre successivement toutes les formes dont elle est capable", Descartes, *Les Principes de la Philosophie* (1647), en *Œuvres de Descartes*, tome III, F. G. Levrault, Libraire, Paris, 1824, pp. 213-214.

perfecto que otro. De tal manera, aunque la transformación de los minerales en oro no era lógicamente absurda, la materia no aspiraba a ninguna perfección y no había indicación alguna acerca de la forma en que el arte pudiera llevarla a cabo. Y es que uno de los temas que unió a todos los mecanicistas fue su negativa a reconocer la acción de algún principio inmaterial en los fenómenos materiales.

La mayoría de los químicos no apoyó la tesis de la carencia de propiedades definitivas de las partículas; al contrario, retomaron las ideas de los atomistas que pensaban en la forma de las partículas como algo estable. En consecuencia, estas se transformaron en corpúsculos inmutables, permanentes, indeformables y totalmente duros. Las partículas del oro, por ejemplo, no estaban sujetas a cambio y eran siempre diferentes a las de otros metales; la reacción química que las unía o separaba de otros corpúsculos era solamente una apariencia o, dicho de otro modo, las reacciones químicas eran una mera traducción sensible de fenómenos mecánicos. Ello significó que, mientras para los cartesianos la realización de la tarea de la crisopoeia era algo muy improbable, por lo menos para algunos de los atomistas la transmutación constituyera un absurdo. Específicamente para los químicos seguidores de Gassendi, la forma de las moléculas era fija en cada materia en particular y las partículas elementales de las sustancias simples eran totalmente indeformables. En consecuencia, los cuerpos que no podían ser objeto de descomposición ulterior eran fijos e incapaces de transmutarse entre sí. La tesis de que las partículas eran invariables condujo, con Nicolaas Hartsoeker (1656-1725) por ejemplo, a sostener la imposibilidad de la transmutación en general.

A partir de Nicolas Lémery (1645-1715) y de Hartsoeker (*Principes de Physique*, 1696) los químicos intentaron construir su teoría sobre la base de suposiciones en torno a la figura de las partículas elementales de cada cuerpo, figura de la que luego se deducían las propiedades químicas características de las sustancias. Lémery, en su *Cours de Chymie* (1675), describió sus experiencias y las explicó de acuerdo con los principios del cartesianismo pero sobre todo en concordancia con las teorías de Gassendi. Las diversas propiedades de los cuerpos, decía, son ocasionadas por la figura de las partículas elementales que reaccionan con violencia entre sí: los corpúsculos puntiagudos de los ácidos se introducen en los de los álcalis, que tienen forma de vaina, produciéndose así la efervescencia. Asimismo, la disolución del oro en *aqua regia* era resultado de una concordancia entre las figuras de las partículas de ambas sustancias.

Junto con las tesis alquimistas, Lémery rechazó las analogías, simpatías y correspondencias paracelsianas. Con ello despejaba el terreno para intentar construir un nuevo sistema, en el que el principio de reducción de la materia al espacio que ocupa constituía el punto de partida para dar cuenta de la enorme diversidad de los cuerpos y sus reacciones químicas. Este autor, a diferencia de Descartes pero también a diferencia del atomismo, pensó en los átomos como algo cuya consistencia y figura podía alterarse, aunque no con facilidad. Y de ahí que oscilara entre la idea de que la rigidez y estabilidad de las partículas era muy grandes y la de que poseían una divisibilidad infinita, eligiendo en cada ocasión la que le permitiera interpretar más fácilmente los hechos del laboratorio. De manera similar, tampoco tomaba partido absoluto a favor del pleno cartesiano o del vacío de Gassendi. Sus corpúsculos no eran diferentes de los cuerpos tal y como los percibimos, excepto en sus dimensiones.

En este contexto, concibió la acidez de una sustancia como resultado de la forma puntiaguda de las partículas de las sales y sostuvo que todas nuestras experiencias mostraban este hecho: al probar los ácidos se sentían sus picaduras en la lengua. El álcali, por su parte, se reconocía experimentalmente porque producía efervescencia al entrar en contacto con un ácido.

Cette effet peut faire raisonnablement conjecturer que l'alkali est une matière composée de parties roides & cassantes, dont les pores sont figurés de façon que les pointes acides y étant entrées, elles brisent & écartent tout ce qui s'oppose à leur mouvement.⁴⁸

Los álcalis diferían entre sí por la mayor o menor profundidad de su poros; los ácidos, por la menor o mayor agudeza de sus puntas.

En primera instancia, Lémery declaró que todo cuerpo soluble en un ácido era alcalino.⁴⁹ A pesar de que se oponía a la extremada generalización del dualismo ácido-álcali, sostuvo que metales como el hierro o el mercurio jugaban el papel de álcali en relación con sus ácidos disolventes. Sin embargo, cuando se ocupó del mercurio llegó a conclusiones distintas: en lugar de seguir sosteniendo que sus partículas tenían forma de vaina, afirmó que sus corpúsculos debían ser de forma redonda, lo cual explicaba su fluidez, su pesadez y su combustibilidad.

Para Lémery las diferentes materias no estaban compuestas por una sustancia única, pero no eran tampoco esencialmente diferentes entre sí. Al igual que Lefèvre afirmó que, en la descomposición de los mixtos, los químicos encontraban cinco tipos de sustancias, a partir de lo

⁴⁸ Lémery Nicolas, *Cours de Chymie*, Paris, 1757, p. 18.

⁴⁹ "Toutes les choses en fin qui absorbent ou adoucissent les Acides par ebullition, sont appellées dans la Chymie *Alkali*", Lémery Nicolas, *Cours de Chymie*, Paris, 1675, p. 15.

cual sostenían la existencia de cinco principios: el agua o *phlema*, el mercurio o espíritu, el azufre o aceite, la sal y la tierra. Se trata, como con Lefèvre y de Clave, de un sistema que resultaba de añadir a los tres principios paracelsianos los elementos aristotélicos de la tierra y el agua. En la visión de Lémery estos últimos dos elementos jugaban un papel secundario: mientras que el agua era un fluido que se mezclaba con otros cuerpos, atenuando sus propiedades, la tierra los hacía más sólidos. En cambio, el mercurio, el azufre y la sal eran los causantes de las reacciones de las sustancias: el mercurio las hacía volátiles, el azufre combustibles y la sal las hacía penetrantes e impedía su putrefacción.⁵⁰

Sin embargo, Lémery creía que los elementos probablemente eran principios sólo desde nuestro punto de vista, es decir, en la medida en que no se había logrado ir más lejos en la descomposición de un mixto. Y quizás eran ellos mismos todavía divisibles. Además,

il se peut faire que ces substances qu'on appelle *Principes*, se soient tellement embarrassées les unes dans les autres, qu'on ne puisse pas séparer qu'en brisant leur Figures. Or ce n'est qu'à raison de leurs figures qu'ils peuvent être dits *Sels, Souffres & Esprits*.⁵¹

Este punto de vista práctico condujo a Lémery a reconocer que, en la descomposición de los metales, probablemente nunca se había logrado obtener sustancia alguna que pudiera considerarse sal, azufre o mercurio; si los metales, entonces, no podían resolverse en sustancias más simples, los corpúsculos que los constituían debían ser primitivos. En este sentido el sistema de los cinco principios perdió parte de su importancia, aunque de ninguna forma quedó destruido. Otra cuestión importante en su exposición acerca de los metales, es que, siguiendo a la filosofía cartesiana, no redujo la definición de un cuerpo metálico a la descripción de sus propiedades y, al contrario, presentó una teoría histórica de su formación al interior de la Tierra. De acuerdo con ella, lo que distinguía a los metales entre sí eran solamente las circunstancias de su formación y no alguna característica esencial, a pesar de lo cual no podían transmutarse unos en otros.

La exigencia de ideas claras y distintas, generalizada entre los filósofos mecanicistas, se enfrentaba pues con las complejidades de la experiencia química. Esto se refleja claramente en los *Essais de Chimie* de Wilhelm Homberg (1652-1715), que, al igual que el *Cours* de Lémery, fueron ampliamente conocidos. De la misma forma que este último, Homberg no pensaba ya en los elementos como sustancias primitivas presentes a su vez en todo material, sino solamente como las

⁵⁰ Lémery, *op. cit.*, pp. 4-9.

⁵¹ Lémery, *op. cit.*, p. 10.

sustancias más simples a las cuales un mixto podía reducirse mediante el análisis químico. Sin embargo, esta posición lo condujo a postular el típico sistema de cinco elementos (sal, azufre, mercurio, agua y tierra) debido a que para él, como para muchos de sus contemporáneos aunque no lo reconocieran explícitamente, lo esencial seguía siendo la naturaleza portadora de propiedades de los elementos; esto es, lo que caracterizaba de manera fundamental a un elemento era su capacidad de portar y comunicar una propiedad química específica. Un ejemplo de esto lo encontramos en su concepción del azufre principio:

Nous pouvons considérer la matière sulphureuse [...] toute pure & sans aucun mélange: c'est dans cette dernière signification que nous l'appellerons notre Souphre principe & notre seul principe actif, laissant aux premiers mélanges le nom simplement de Souphres ou de matières sulphureuses.⁵²

En otras palabras, Homberg retuvo elementos de la visión paracelsiana y pensó, por ejemplo, que el mercurio —concebido como la causa de la maleabilidad, la densidad y el lustre— se hallaba presente en todos los metales. El azufre, por su parte, era parte siempre de los cuerpos inflamables.

En general, los químicos mecanicistas preferían pocos elementos que pudieran relacionarse en una correspondencia de uno a uno con características químicas importantes. En cada caso, el principio químico sería portador de una propiedad química específica y la propiedad en sí misma sería explicada en términos mecánicos, como resultado de la forma, el tamaño y el movimiento de las partículas elementales. Pero seguían enfrentando otro problema, el de decidir en cada ocasión cuáles eran efectivamente los miembros de una clase definida.⁵³

2.7.3 El problema de la transdición

El enfoque químico chocaba en algunos aspectos con las suposiciones de los filósofos mecanicistas: mientras que estos pensaban en la materia en términos de partículas con formas geométricas definidas, los químicos prácticos pensaban en ella en términos de sustancias específicas con propiedades químicas particulares. Esta dicotomía entre sustancia y partícula se vinculaba con el

⁵² Homberg, "Suite de Essais de Chimie. Article Troisième. Du Souphre Principe" (1705), en *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Année 1705, Martin, Coignard & Guerin, Paris, 1730, p. 89.

⁵³ Sobre esto: Metzger, *Les Doctrines...*, *op. cit.*; Dobbs, "Conceptual Problems in Newton's Early Chemistry", en Osler Margaret J. & Farber Paul Lawrence (eds.), *Religion, Science and World View*, Cambridge University Press, Cambridge, 1985; Paríngton, *op. cit.*

problema general de la aparición de formas y cualidades en la materia.⁵⁴ Desde Aristóteles los químicos veían en las formas y cualidades algo inherente a las sustancias químicas y, en este sentido, el pensamiento químico del siglo XVII seguía siendo en parte aristotélico.

Los seguidores estrictos del mecanicismo discutían el asunto como si las propiedades de olor, sabor, color, forma cristalina y reactividad no fueran inherentes a los corpúsculos básicos. Y es que para muchos de los filósofos mecanicistas las partículas elementales estaban constituidas por un mismo material, cuyos corpúsculos poseían únicamente cualidades primarias —extensión, forma, impenetrabilidad, movimiento, peso quizás—, lo cual planteaba el problema de transitar desde tales atributos primarios a las cualidades secundarias, perceptibles mediante nuestros sentidos, y en virtud de las cuales el químico continuaba clasificando sus sustancias. Desde por lo menos 1654, la distinción entre cualidades primarias y secundarias había sido establecida claramente en la *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana* por Walter Charleton.⁵⁵ En esa obra, este autor retomó la doctrina de Demócrito y Epicuro y afirmó que las cualidades primarias de los átomos —esto es, sus atributos esenciales— eran solamente la “cosimilaridad de sustancia”, la magnitud o cantidad, la figura determinada y la gravedad o peso. Las cualidades de los cuerpos compuestos eran secundarias y resultaban del “concurso, conexión, posición, orden, número, etc.” de los átomos. Esta postura, que enfatizaba lo cuantitativo a expensas de lo cualitativo, se oponía a la de químicos como Lémery quien, a los ojos de los mecanicistas, representaba un retorno al aristotelismo. En efecto, para el filósofo mecanicista “estricto”, las cualidades sensibles, subjetivas, estudiadas por el químico, no existían objetivamente en la naturaleza; al contrario, debían ser reducidas a las determinaciones cuantitativas de los atributos primarios.

Esta concepción en la que las partículas no poseían cualidad secundaria alguna, y por añadidura eran demasiado pequeñas para ser percibidas por el ser humano, condujo inevitablemente al agudo problema de relacionar los átomos con los fenómenos sensibles, es decir, al problema de la transdición. Pero se trataba de un problema que, asimismo, se le presentaba a quienes como Lémery intentaban derivar las cualidades y el comportamiento de los objetos macroscópicos de las propiedades y comportamiento atribuidos a los invisibles corpúsculos: ¿cómo ir desde el interior de la naturaleza hasta su exterior con algún tipo de certeza o de rigor?

⁵⁴ Dobbs, *op. cit.*

⁵⁵ Charleton Walter, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana*, reprint of the London ed. of 1654, Johnson Reprint, New York, 1996, pp. 111-112.

Transdiction is the term some philosophers have applied to the process of inference from the phenomenal world to that deeper level of reality that the senses cannot perceive. Could this be done by some credible procedure?⁵⁶

Si abordamos el corpuscularismo a la luz del problema transdictivo, nuevamente se destacan las diferencias que separaban a los atomistas de divisibilistas como los cartesianos. Para estos últimos, en la medida en que las partículas eran indefinidamente divisibles, y por tanto podían adoptar diversas formas, era relativamente sencillo asignar a los átomos figuras y tamaños que representaran directamente las cualidades perceptibles de los cuerpos en el laboratorio. A las partículas del tercer elemento cartesiano, la materia terrestre, se les podía imaginar con figuras y proporciones *ad hoc*. Lémery constituye un buen ejemplo en este sentido, seguido por otros mecanicistas cuando la correlación entre la macroesfera y la microesfera les parecía obvia.

Sin embargo, aunque las formas especulativas eran fáciles de visualizar, daban lugar a serios problemas: si las partículas de la materia terrestre podían, teóricamente, adoptar cualquier forma como resultado de procesos naturales de desgaste y, por tanto, la forma de las partículas podía dar cuenta de cualquier tipo de cualidad secundaria, no era claro por qué ciertas formas de materia eran estables. Por otro lado, tampoco se podía explicar apropiadamente el hecho de que fuera posible recuperar las sustancias originales de un compuesto químico; por ejemplo, Lémery sostenía que en la combinación ácido-álcali las puntas del primero se rompían, tapando los poros del segundo y dando lugar a una sustancia neutral. ¿Quería esto decir que, cuando el ácido era recuperado a partir de su sal neutra, la punta de cada partícula ácida retomaba su posición original?

Este tipo de problemas originados por el divisibilismo parecía prestar apoyo a la tesis atomista, según la cual la forma de cualquier partícula era tan permanente como la partícula en cuestión y el cambio químico era causado por las coaliciones y separaciones de átomos individuales solamente. Pero si, por otro lado, para el atomista la explicación de las cualidades secundarias mediante el tamaño y la forma de los corpúsculos era una suerte de imputación subrepticia de atributos secundarios a las partículas, ¿cómo se podría dar cuenta de las cambiantes cualidades secundarias de los cuerpos descritos por el químico? En la medida en que no podía permitir

⁵⁶ Guerlac Henry, "The Background to Dalton's Atomic Theory", en *Essays and Papers in the History of Modern Science*, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1977, p. 222. El término transdición fue introducido por Mandelbaum (1964), *Science and Sense Perception*, p. 61: "transdición" es usar "data in such a way as not only to be able to move back and forth within experience, but to be able to say something meaningful and true about what lay beyond the boundaries of possible experiences".

cambios en las partículas, el atomista se quedaba sin ningún método de transducción.⁵⁷ En consecuencia, la filosofía corpuscular del siglo XVII, aun en el caso de que pudiera ofrecer una explicación de las reacciones químicas, no se hallaba en la posibilidad de predecirlas ni, tampoco, de diferenciar entre sustancias simples y complejas. Este último problema fue puesto en evidencia por la destructiva crítica de Boyle a la teoría aristotélica de los elementos y a la *tria prima* de Paracelso.

Robert Boyle (1627-1691), a diferencia de Lémery, fue ante todo un filósofo natural. Esto le permitió demostrar que la química era valiosa no sólo para la medicina y la tecnología, donde ya desde tiempo atrás era aceptada, sino también para la filosofía natural. Y es que todavía en esa época el filósofo natural solía desdeñar a la química como parte de la dudosa actividad de los alquimistas y de los trabajadores que utilizaban fuego. Mientras que los químicos vieron en Boyle a un colega, aunque fuera filósofo natural, los filósofos naturales lo respetaron como químico porque era uno de ellos.

Una de las tareas que Boyle se propuso fue incrementar la certeza moral de las explicaciones corpusculares. La idea de certeza moral era parte de la filosofía cartesiana. Cuando en sus *Principes de la Philosophie* Descartes reflexionó sobre el atomismo, y en particular acerca de la forma de los corpúsculos, explicó que, en primer lugar, consideró en general las nociones claras y distintas que había en su entendimiento con respecto a las cosas materiales; tales nociones eran las de figura, tamaño y movimiento y las de las reglas de la mecánica. Y le pareció necesario, entonces, que todo conocimiento posible acerca de la naturaleza tuviera esas nociones como punto de partida:

Ensuite de quoi j'ai examiné toutes les principales différences qui se peuvent trouver entre les figures, grandeurs et mouvements de divers corps, que leur seule petitesse rend insensibles, et quels effet sensibles peuvent être produits par les diverses façons dont ils se mêlent ensemble, et par après, lorsque j'ai rencontré de semblables effets dans les corps que nos sens aperçoivent, j'ai pensé qu'ils avoient pu être ainsi produits; puis j'ai cru qu'ils l'avoient infailliblement été, lorsqu'il m'a semblé être impossible de trouver en toute l'étendue de la nature aucune autre cause capable de les produire.⁵⁸

Aunque Dios poseía de hecho una infinidad de medios en virtud de los cuales hacer que las cosas en el mundo aparecieran como lo hacen, tal vez, pensó, era suficiente que las causas postuladas

⁵⁷ Dobbs, *op. cit.*, p. 17.

⁵⁸ Descartes, *Les Principes de la Philosophie* (1647), en *Œuvres de Descartes*, tome III, F. G. Levrault, Libraire, Paris, 1824, pp. 518-519.

podieran razonablemente originar los efectos observados. En consecuencia, los mecanismos cartesianos eran algo menos que una demostración; sólo poseían un alto grado de probabilidad que a su vez les confería “certeza moral”. Boyle —influido por Descartes y por Gassendi— hizo de la convicción de que la hipótesis corpuscular era lo que mejor explicaba las variadas propiedades de las sustancias particulares el centro de su filosofía. Sus experimentos parecieran estar diseñados para mostrar qué tan plausiblemente el modelo corpuscular daba cuenta de las diferentes formas y cualidades de las cosas. Ampliando la evidencia experimental esperaba que la certeza moral de las explicaciones corpusculares se incrementara.⁵⁹

En consecuencia, criticó en primer lugar con bases experimentales uno de los argumentos típicamente usados para defender la teoría de los cuatro elementos aristotélicos, el de la combustión de la madera. Durante ese proceso, se decía, emanaba primero humo (supuestamente el aire) y luego ardía un cierto licor (el agua); a continuación el fuego se “disolvía” y, finalmente, quedaba una parte incombustible (la tierra). Boyle planteó varias objeciones a esta interpretación, entre ellas la de que, a partir de sustancias diferentes a la madera, se podía extraer un número mayor o menor de esos elementos. También señaló que el número de productos resultante de la aplicación de fuego variaba de acuerdo con los medios por los cuales el fuego era aplicado. En un fogón abierto la madera daba lugar a cenizas y hollín, pero en una retorta de destilación originaba aceite, espíritu, vinagre, agua y carbón.⁶⁰ Métodos diferentes de calentamiento podían originar desde dos hasta cinco productos, y en ningún caso lo que Paracelso o los griegos antiguos sostenían. En otras palabras, Boyle cuestionó incluso la idea de que los cuatro productos de la combustión de la madera fueran realmente elementos. Además, si se tomaba una sustancia preparada con ingredientes conocidos, como el jabón que estaba hecho de grasa y álcali, el tratamiento con fuego no lo disolvía en esos ingredientes, sino en otros dos muy distintos e inútiles para preparar jabón nuevamente.⁶¹ Por último criticó el mismo método de análisis por fuego pues, dijo, no era en absoluto adecuado para mostrar que las sustancias estuvieran todas constituidas por el mismo número de elementos.

⁵⁹ Guerlac, *op. cit.*

⁶⁰ Boyle Robert, **The Sceptical Chymist**, London, 1661, pp. 48-49, 51, 55.

⁶¹ Boyle, *op. cit.*, p. 131.

As there are divers Bodies whose *Analysis* by Fire cannot reduce them into so many Heterogeneous Substances or Ingredients as four, so there are others which may be reduc'd into more.⁶²

Incluso cuando una sustancia parecía haber sido extraída de otra mediante procesos analíticos, podía sostenerse que, en algún sentido, era una sustancia nueva, generada por el proceso debido justamente a que había sufrido un cambio y sus propiedades eran diferentes de las que tenía cuando era parte del mixto.⁶³

Adicionalmente, las cualidades de los cuatro elementos aristotélicos no explicaban por sí solas las propiedades de los mixtos que supuestamente conformaban: la tierra, por ejemplo, no podía ser la causa del peso debido a que ciertos metales, el oro y el mercurio entre ellos, eran más densos que ella.⁶⁴ En contra de la *tria prima* paracelsiana hizo objeciones similares.⁶⁵ Los principios paracelsianos, dijo, estaban mal definidos; no era claro si se trataba de cuerpos tangibles o de conceptos creados por la razón.

The Confidence wherewith Chymists are wont to call each of the Substance we speak of by the name of Sulphur or Mercury, or the other of the Hypostaticall Principles, and the intolerable Ambiguity they allo themselves in their Writings and Expressions, makes necessary [...] to take Notice to you and complain of the unreasonable Liberty they give themselves of playing with Names at pleasure.⁶⁶

Boyle usó también los argumentos helmontianos a favor de un único elemento para apoyar su rechazo tanto a los cuatro elementos aristotélicos como a los tres principios paracelsianos.⁶⁷ Junto con van Helmont, negó la naturaleza elemental del fuego y la idea de que el aire se combina con otros cuerpos. Por otro lado, ofreció como alternativa para la teoría ácido-álcali, que consideraba demasiado simplista, una clasificación basada en experimentos de soluciones neutrales, ácidas y alcalinas.

Para Boyle, en lugar de los cuatro elementos, existía solamente una materia primera, *prima naturalis*, de la cual todas las demás sustancias estaban hechas. Esta materia estaba a su vez constituida por corpúsculos —hasta cierto punto distintos tanto de los átomos de Epicuro y Gassendi como de las partículas cartesianas— cada uno con tamaño y forma propios: algunos

⁶² Boyle, *op. cit.*, p. 34.

⁶³ Boyle, *op. cit.*, pp. 105-106, 130, 135.

⁶⁴ Sobre la relación entre elementos y propiedades ver, por ejemplo, Boyle, *op. cit.*, p. 432.

⁶⁵ Sobre la crítica de Boyle a la *tria prima* ver pp. 55, 73, 168, 188-189, 226-227, 242, 244.

⁶⁶ Boyle, *op. cit.*, pp. 199-200.

⁶⁷ Por ejemplo en Boyle, *op. cit.*, p. 130.

tenían puntas, otros poros, otros eran triangulares. Estas partículas formaban grupos, *minima naturalia* o moléculas químicas. Las propiedades físicas de las sustancias químicas, entonces, eran resultado del tamaño, forma y movimiento de los corpúsculos y de la interacción entre sí de *minima naturalia*, evidente en los fenómenos químicos.⁶⁸ Estas ideas le permitían hacer a un lado las cualidades y formas de la física aristotélica, para explicar las cualidades secundarias solamente en términos de las disposiciones, conglomerados y comportamientos de las partículas químicas en su interacción. A la luz de este enfoque toda sustancia química era un mixto, una combinación de corpúsculos de materia prima, y no un elemento.⁶⁹

La crítica de Boyle a los elementos y a los principios, sin embargo, no proporcionaba certeza alguna acerca de qué era un elemento. A este respecto, su definición era negativa: si una sustancia podía descomponerse en otra más simple, no era un elemento. ¿Significaba esto que una sustancia era un elemento si no podía de hecho resolverse en otras sustancias? Al parecer, no era así.

And, to prevent mistakes, I must advertize You, that I now mean by Elements, as those Chymists that speak plainest do by their Principles, certain Primitive and Simple, or perfectly unmingled bodies; which not being made of any other bodies or of one another, are the Ingredients of which all those call'd perfectly mixt Bodies are immediately compounded, and into which they are ultimately resolved: now whether there be any one such body to be constantly met with in all, and each, of those that are said to be Elemented bodies, is the thing I now question.⁷⁰

La historia tradicional de la química⁷¹ afirma que esta definición de elemento es similar a la que actualmente se sostiene, pues se interpreta la primera parte del enunciado citado en el sentido de que un elemento es un ingrediente de un compuesto químico. Pero recientemente⁷² se ha argumentado que en la segunda parte del enunciado se hace visible el hecho de que el concepto boyleano de elemento era diferente. Cuando Boyle dice que no cree que existan cuerpos simples presentes en todas las sustancias está retomando la noción griega de elemento, en particular la idea

⁶⁸ Boyle, *op. cit.*, pp. 106, 151-153.

⁶⁹ Boyle, *op. cit.*, pp. 153, 266.

⁷⁰ Boyle, *op. cit.*, p. 350.

⁷¹ Por ejemplo Partington J. R., *A Short History of Chemistry*, Dover Publications, Inc., New York, 1989, sostiene que Boyle es el fundador de la química moderna por la razón, entre otras, de que proporcionó una clara definición de elemento. McKie, *op. cit.*, por su parte, dice que Boyle formuló una definición "completamente nueva de elemento", definición que sería retomada cien años después por Lavoisier.

⁷² Salzberg, *op. cit.*, pp. 169-170. Ver también acerca del acierto de esta posición Principe, *The Aspiring Adept*, *op. cit.*, p. 21.

de “todos en todo”, aún a pesar de haber mostrado que no se podía obtener el conjunto completo de elementos de todo compuesto.⁷³

En este sentido, Boyle no creía que una sustancia química fuera un elemento; al contrario, pensaba en propiedades físicas y químicas, cualidades que no podían explicarse en términos de los elementos químicos tal y como hoy los entendemos. Por ejemplo, para Boyle, la cualidad de ser rojas que muchas sustancias poseen no era ocasionada por el hecho de que un mismo material estuviera presente en todas ellas. En este sentido, la cualidad de ser rojo no dependía del azufre, el mercurio, el cobre, el estaño o algún otro químico. Sólo podía ser una esencia o elemento, idea que Boyle rechazaba, o bien una cualidad derivada de algo que todas las sustancias rojas tenían en común, a saber, el tamaño y la forma de sus partículas y su textura.

No obstante, aunque este autor en general situaba la causa de las cualidades secundarias en las disposiciones, coaliciones y comportamiento de las *minima naturalia*, y trató de evitar la atribución de una forma exacta a las partículas individuales, aceptó la idea de que la acción corrosiva de los ácidos se debía a que sus partículas tenían forma de navaja.⁷⁴ A pesar de creer que una explicación química no era nunca tan útil como una “verdaderamente” mecanicista, asoció de hecho partículas específicas con propiedades específicas: habló de los corpúsculos metálicos del vitriolo, los corpúsculos salinos de los *menstrua*, y así sucesivamente. Cuando se refirió a las sales, les atribuyó un “principio salino” y sostuvo que eran cuerpos compuestos, además de lo “salino”, por partes sulfurosas, acuosas y terrosas. Al combinar de esta forma las explicaciones químicas y las mecanicistas, hizo a ciertas partículas portadoras de cualidades secundarias. Si bien no consideraba que estas partículas fueran efectivamente los átomos de la filosofía mecanicista, sino *minima naturalia*, concreciones complejas de las partículas últimas, lo fundamental era que estos corpúsculos podían reconocerse y clasificarse haciendo uso de los sentidos.

Ya que se podía combinar dos sustancias para dar lugar a un compuesto y luego, mediante medios químicos, recuperarlas otra vez, Boyle pensó que conservaban su identidad en el mixto. Las partículas metálicas en solución, por ejemplo, retenían según él de forma latente todas las características de los metales, de modo tal que esas cualidades volvían a manifestarse al liberar los

⁷³ Así por ejemplo: “Thence I may be allow'd to conclude that there is not any of the Elements that is an Ingredient of all Bodies, since there are some of which it is not so”, Boyle, *op. cit.*, p. 368.

⁷⁴ En términos generales “There are [...] Bodies whose minute Parts stick so close together, [...] but that it is possible to meet with some other Body, whose small Parts may get between them, and so dis-joyn them”, Boyle, *op. cit.*, p. 152.

corpúsculos metálicos.⁷⁵ Pero la “latencia” constituía un problema del que Boyle era consciente. El vitriolo azul con hierro, decía, no transmitía su color “latente” a la solución, sin importar qué tan puro fuera. El color latente pertenecía al cobre, que era “parte” del vitriolo, y sólo se volvía a hacer patente cuando las partículas ferrosas eran separadas del ácido. Para el corpuscularista del siglo XVII la explicación más sencilla de la latencia era que un tipo de partícula había sido completamente envuelto por otro; Newton mismo sugirió, en su carta a Boyle de 1679, que un metal conservaba sus propiedades al disolverse en un ácido debido a que las partículas metálicas eran rodeadas por las partículas salinas ácidas.⁷⁶

Parte del problema de la latencia era resultado de que en el concepto químico de elemento o principio se fusionaban dos nociones diferentes, la de sustancia básica y la de sustancia simple. Una sustancia básica era una sustancia fundamental, constituyente de todos los mixtos, y la causante de las propiedades de este. Las sustancias simples, en cambio, eran las sustancias que se revelaban mediante el análisis, diferentes de las sustancias básicas en la medida en que de hecho existían como parte del compuesto y eran por tanto, en algún sentido, generadas por el proceso analítico.⁷⁷ Para Aristóteles, al entrar en un mixto una sustancia perdía su forma y se hallaba presente en él sólo de manera potencial, no actual. Esta respuesta, a la larga, no le era útil al químico, pues no proporcionaba la certeza de que una sustancia recobraría su forma al emerger del mixto. En el caso del vitriolo, por ejemplo, el cobre que formaba parte de su composición podía emerger también de ella, pero el aristotélico no podía explicar esta continuidad. La postura de Lémery en este sentido tampoco aclaraba la cuestión. La continuidad suponía la existencia de una relación genuina y estable entre la sustancia simple aislada y la sustancia básica del mixto, relación que a mediados del siglo XVII permanecía en la oscuridad. Todo esto, además, en un contexto en que el corpuscularismo en general y el boyleano en particular —a pesar de posiciones extremas como la de Hartsøeker— no excluían necesariamente la posibilidad de la transmutación.

⁷⁵ “There may be some Clusters of Particles, wherein the Particles are so minute, and the Coherence so strict, or both, that when Bodies of Differing Denominations, and consisting of such durable Clusters, happen to be mingl’d, though the Compound Body made up of them may be very Differing from either of the Ingredients, yet each of the little Masses or Clusters may so retain its own Nature, as to be again separable, such as it was before”, Boyle, *op. cit.*, p. 153.

⁷⁶ “When any metal is put in water impregnated with such [saline] spirits, as into aqua fortis, aqua regis, spirit of vitriol, or the like, the particles of the spirits, as they, in floating in the water, strike on the metal, will by their sociableness enter into its pores, and gather round its outside particles [...]; the saline particles still encompassing the metallic ones as coat or shell does a kernel”, Newton, “Newton’s Letter to Boyle, Feb. 28, 1678/79” en *Isaac Newton’s Papers & Letters on Natural Philosophy*, Cohen I. Bernard (ed.), Harvard University Press, Cambridge, 1958, p. 252.

⁷⁷ *Ibidem*, p. 28.

De hecho existen semejanzas entre la materia primera de Boyle y el elemento único de van Helmont: en ambos casos es la acción de circunstancias exteriores la que hace que ese elemento adopte aspectos variados. Pero aunque efectivamente los argumentos helmontianos en este sentido hayan despejado el camino para el escepticismo boyleano, a Boyle le interesaba suprimir cualquier tipo de cualidades ocultas. Desde su punto de vista los principios inmateriales, si se invocaban juiciosamente, podían reducirse siempre a principios mecánicos. Notablemente esta tesis lo condujo muchas veces no tanto a atacar las nociones que los químicos de su época sostenían, sino más bien a traducirlas solamente al lenguaje corpuscular. Entre esas nociones se hallaba todavía la de transmutabilidad: en la teoría de Boyle, como vimos, eran las variadas disposiciones en número y configuración de átomos cualitativamente idénticos los que producían la diversidad de sustancias. Ahora bien, si la materia se hallaba estructurada de ese modo era posible que una sustancia se convirtiera en otra en virtud del reordenamiento de sus partículas en una nueva configuración. En consecuencia, Boyle no tenía dificultad alguna en aceptar la plausibilidad de la transmutación de los metales y, al contrario, su teoría de las partículas no se hallaba dissociada de las esperanzas de la crisopoeia. De hecho, este autor investigó durante toda su vida las afirmaciones de los alquimistas, porque relacionaba la transmutación de los metales con la intervención de fuerzas sobrenaturales.⁷⁸

En cualquier caso la vinculación de la química con la filosofía mecanicista trajo consigo el que la primera comenzara a perder el derecho, que hasta entonces había venido reclamando para sí, de servir de base para la cosmología y la teología. En contraste, el triunfo del mecanicismo y los problemas que planteaba a la química, originaron una proliferación de teorías semejantes pero irreconciliables entre sí: los investigadores propusieron para cada reacción química que pretendían explicar una hipótesis que relacionaba las observaciones en torno a esa reacción con las formas de las moléculas de las sustancias presentes.

Hacia finales del siglo XVII el fracaso del programa químico-mecanicista se hizo evidente. No parecía haber forma de determinar las propiedades de las partículas de la materia.⁷⁹ Por un lado, el razonamiento químico-corpuscular tenía un carácter indudablemente *ad hoc*, lo que, con el tiempo, terminaría por debilitarlo. Pero, por otro, el concepto boyleano de *prima naturalis* no tuvo una aceptación general. Y es que no le era útil al químico práctico: no podía someterse a prueba ni

⁷⁸ Ver Brock, *op. cit.*, y particularmente Principe, *The Aspiring Adept*, *op. cit.*, p. 219.

⁷⁹ Donovan Arthur, "Newton and Lavoisier", en Theerman Paul & Seiff Adele F. (eds.), *Action and Reaction*, Associated University Presses, London and Toronto, 1993, p. 258.

era posible aislar las partículas de materia primera; además, las formas y tamaños de los corpúsculos eran incognoscibles. Por este motivo, aunque los químicos admitieran que las sustancias químicas estaban formadas por átomos, continuaron aceptando también el concepto de principios químicos, incluidos los elementos aristotélicos, ahora traducidos a lenguaje corpuscular.

Los químicos requerían de un concepto de elemento, así que retornaron a los cuatro elementos aristotélicos o a los principios de Paracelso. Incluso en el caso de creyeran que la materia primera subyacente a todas las cosas carecía en sí misma de propiedades, su entrenamiento los conducía a pensar que existían elementos y/o principios de un nivel intermedio, principios que eran diferentes entre sí y que portaban las propiedades que aparecían en las sustancias más complejas. En otras palabras, estos elementos poseían desde su punto de vista cualidades inherentes; eran producto del análisis químico y podían reconocerse mediante su sabor, color, olor, etc. Así pues, incluso luego de la fuerte crítica de Boyle, los químicos continuaron ofreciendo listas de elementos que se podían obtener mediante análisis. Gracias a la argumentación boyleana ya no se sostenía con seriedad que todos los elementos estuvieran presentes siempre en algún material particular, pero las listas en cuestión seguían siendo objeto de fuertes discusiones, relativas tanto a los artículos que en ellas se incluían como a la forma de vincular las propiedades químicas con la presencia de los elementos o principios correlativos.⁸⁰

2.8 Newton

Al rechazar la idea de que los elementos últimos pudieran llegar a identificarse mediante el solo análisis por fuego, y al argumentar que lo que se liberaba gracias al fuego no eran elementos sino clases de sustancias, Boyle no pudo ofrecer ayuda alguna al químico práctico. Como dije, el químico práctico continuó entonces sosteniendo la idea de elemento o principio constituyente, paralelamente a una nueva idea de elementos (ya anunciada por Lémery) según la cual estos eran las sustancias más simples a las que el análisis pudiera llegar por el momento. Esto no impedía pensar que tales “elementos” estuvieran a su vez compuestos por unidades físicas de materia más pequeñas. En consecuencia, los diversos sistemas que sugerían mecanismos del comportamiento corpuscular seguían siendo objeto de fuerte discusión cuando Newton ingresó a Cambridge y, de

⁸⁰ Además de los autores citados ver también Guerlac, **Lavoisier-The Crucial Year**, Cornell University Press, 1961.

hecho, es indudable la gran influencia que la filosofía corpuscular en general y Boyle en particular tuvieron sobre el pensamiento newtoniano. Pero esto no significa que se pueda considerar a Newton un mecanicista más, entre otras razones porque lo separaban del corpuscularismo diferencias metodológicas profundas. En oposición a filósofos que defendían la construcción de sistemas de hipótesis, Newton se propuso establecer una filosofía natural que fuera simultáneamente probativa y demostrativa.

Es en este contexto de lucha contra el mecanicismo en general y el cartesianismo en particular que se debe situar la famosa frase "I feign no hypotheses". Y más allá de que la utilización de la palabra "hipótesis" por parte de Newton tuviera el objetivo de desacreditar a filosofías rivales, pero no excluyera en efecto su propia postulación de conjeturas, los cánones de procedimiento científico newtonianos dependían en principio de la experiencia sensorial y, por tanto, sólo tenían aplicación estricta en el nivel visible. Por tal razón, a Newton le preocupaba en forma especial la posibilidad de que su método fuera, de algún modo, aplicable con el mismo rigor y la misma confiabilidad a la exploración del mundo submicroscópico. Y, en este sentido, era sensible al problema de la transición.

Puede argumentarse que fueron las investigaciones químicas las que llevaron a Newton a pensar que en esta área se encontraba la solución al problema transdictivo. Al parecer se interesó por la química toda su vida. Solamente escribió un artículo explícitamente químico, *De Natura Acidorum*, pero se encuentran también enunciados químicos importantes e influyentes tanto en *Principia* como en *Opticks*. Por lo menos desde 1670 Newton había comenzado a dedicar un gran parte de su tiempo a la experimentación química y a la lectura de la literatura químico-alquímica; su conocimiento de estos temas se hace evidente en su carta a Boyle de 1679, donde, como dijimos, especulaba abiertamente acerca de la posibilidad de que en una solución ácida las partículas metálicas se encontraran rodeadas por corpúsculos salinos.

Ahora bien, en sus inicios Newton se ocupó de la tradición atomista, especulativa y lógica, que se remontaba a Leucipo y Demócrito y no tanto por las manifestaciones visibles de la materia en este mundo. Es decir, le preocupaban problemas como el de si la materia primigenia era una entidad simple indistinta, formada por partes y puntos matemáticos, o por átomos. Finalmente, se

inclinó a favor de los átomos⁸¹ y argumentó en contra de la divisibilidad infinita de la materia. En estas reflexiones iniciales aunque Newton aceptaba ya la distinción entre cualidades primarias y secundarias como resultado de la influencia que sobre él ejerció la obra de Walter Charleton, no intentó relacionar sus partículas indivisibles con el mundo sensorial. Creía que las partículas diferían en tamaño y forma, pero también estaba convencido de que sólo como resultado de su asociación se generaban las cualidades secundarias; en consecuencia, no propuso explicaciones en términos de partículas. En este sentido, Newton no consideraba que hubiera una correlación entre lo que percibimos mediante nuestros sentidos y las formas físicas de los átomos.

Por otro lado, en esta etapa inicial Newton reflexionaba desde el interior del discurso propiamente químico. En sus manuscritos químicos tempranos citó muy extensamente a Boyle e incluso llegó a tener en cuenta la idea de que la forma de los corpúsculos jugara algún papel importante en la explicación de las cualidades secundarias. Pero presentó sus análisis sobre todo en términos de principios químicos, de sustancias y aun de “espíritus”, y no en términos de partículas, corpúsculos o átomos. Cuando en 1670 sostuvo que el objeto de la química práctica eran las coaliciones o separaciones mecánicas de las partículas, describió a esas partículas de forma muy parecida a la de Boyle, esto es, como acuosas, terrosas, aéreas, aceitosas, etc. Si bien tales corpúsculos no siempre eran idénticos a los de Boyle, ambos autores enfocaron el problema de la correlación entre partículas y propiedades de la misma manera. En algunas ocasiones, en esos manuscritos, Newton presentó estos principios o elementos químicos como sustancias capaces de transmitir ciertas propiedades a los cuerpos mixtos. En la mayoría de los casos, sin embargo, y en concordancia con la tradición operacional pragmática, veía en ellos solamente una sustancia simple que se podía obtener a partir de un mixto mediante el análisis por fuego. Sus principios no se distinguían en ese momento de los de otros químicos.⁸²

Posteriormente, la refutación de los vórtices cartesianos lo condujo a pensar que la mera “certeza moral” de las hipótesis, admitida por Descartes, era engañosa, y esto en un contexto el que tampoco hallaba satisfactorio el empirismo ilustrativo de Boyle.⁸³ En lugar del análisis conceptual

⁸¹ “Concluding for atoms, [Newton] argued against the infinity divisibility of matter and shied away from the the profound difficulties Aristotle had had with the idea of indivisible extension implied by atomism”, Dobbs, *op. cit.*, p. 9.

⁸² Dobbs, *op. cit.*, p. 21.

⁸³ En palabras de Descartes la certeza moral era aquella “aussi grande que celle des choses dont nous n’avons point coutume de douter touchant la conduite de la vie, bien que nous sachions qu’il se peut faire, absolument parlant, qu’elles soient fausses”. Descartes, *Les Principes de la Philosophie* (1647), en *Œuvres de Descartes*, tome III, F.

cartesiano propuso entonces el análisis a través de la observación y el experimento, análisis que, siempre que fuera posible, debía expresarse en lenguaje matemático. En relación con la tesis corpuscular ello planteaba la cuestión de si existía algún tipo de evidencia experimental capaz de proporcionar una clave que condujera al mundo de lo no perceptible, pero Newton tenía confianza en que tal evidencia existía y en que podía provenir de dos áreas de estudio: la de la investigación de la luz y el color y la de la química. De estas dos ramas de estudio, la que permitiría más probablemente penetrar en el terreno de lo no visible, a partir de inferencias derivadas de experimentos, era la química.⁸⁴

Para la época en que redactó los *Principia*, Newton parece haber pensado ya que la investigación en el terreno de la química y de lo que actualmente conocemos como físico-química conduciría con alguna certeza al interior del dominio corpuscular. Tiempo después, en *Opticks*, señaló la dirección general que los científicos debían seguir a fin de resolver el problema de la transición y de transformar sus conjeturas más o menos plausibles acerca de la estructura corpuscular de la materia en una ciencia verdadera. Newton estaba convencido de que la química proporcionaría la evidencia empírica para confirmar la existencia de los átomos y de los corpúsculos más complejos que ellos conformaban e, igualmente, para comprender los “movimientos secretos” de las cosas y las fuerzas que los producían.

El trabajo que Newton realizó en el campo de la química —a pesar de que no se publicó de manera extensa o sistemática— tendría profundas consecuencias para la química del siglo XVIII, sobre todo debido a tres de sus conceptos: el de estructura interna compleja y jerárquica de la materia, el de fluidos imponderables y el de fuerzas de corto rango cuantificables. Los problemas relacionados con las propiedades esenciales y la estructura interna de la materia eran centrales para su intento de construir un atomismo libre de todo tinte de materialismo y de ateísmo. En este marco, le añadió a la filosofía corpuscular boyleana los mecanismos de atracción y repulsión, que le parecía podían explicar no solamente los fenómenos gravitacionales de las masas planetarias, sino también el comportamiento de las sustancias químicas. De las tres ideas mencionadas, sólo la

G. Levrault, Libraire, Paris, 1824. p. 522. Con “empirismo ilustrativo” nos referimos a la expectativa de Boyle en el sentido de que la ampliación de la evidencia experimental incrementaría la certeza moral de las explicaciones corpusculares.

⁸⁴ Guerlac, *op. cit.*, p. 224.

de fuerzas era original de Newton, pero las usó y desarrolló de tal forma que ejercieron una profunda influencia en el pensamiento químico posterior.⁸⁵

Los conceptos de disposición jerárquica y de fuerzas entre partículas, presentados principalmente en las *Queries* de *Opticks*, le permitieron a Newton ofrecer su propia vía de solución al problema de transitar desde las cualidades primarias establecidas por el mecanicismo hasta las cualidades secundarias perceptibles. El punto de partida de tal solución era la postulación de una estructura interna de las sustancias químicas, estructura jerárquica conformada por partículas y poros (“bodies are much more rare and porous than is commonly believed”⁸⁶) en la que las partes últimas eran semejantes a los corpúsculos universales del mecanicismo. Las cualidades secundarias emergían conjuntamente de esa estructura interna, del tamaño de las jerarquías complejas y de ciertos “principios activos” —las fuerzas de gravedad, fermentación y cohesión— inaceptables para el filósofo mecanicista ortodoxo.

Fue en la *Query* 31 de *Opticks* donde Newton expresó con más claridad y extensión su filosofía de la materia. En ese texto sugirió que

The smallest Particles of Matter may cohere by the strongest Attractions, and compose bigger Particles of weaker Virtue; and many of these may cohere and compose bigger Particles whose Virtue is still weaker, and so on for divers Successions, until the Progression end in the biggest Particles on which the Operations in Chymistry, and the Colours of natural Bodies depend, and which by cohering compose Bodies of a sensible Magnitude.⁸⁷

Las partículas más pequeñas eran verdaderos átomos, corpúsculos indivisibles hechos de una materia uniforme, definida a su vez sólo por sus cualidades primarias, es decir, extensión, forma, solidez e inercia. En la edición de 1713 de sus *Principia* afirmó en este sentido que únicamente las cualidades de los cuerpos que no admitían ni intensión ni remisión de grados, y que pertenecían a todos los cuerpos al alcance de nuestros experimentos, podían considerarse propiedades universales de todos los cuerpos.⁸⁸ Se trataba pues de cualidades invariables. Ahora bien, aunque Newton aceptaba que las partículas últimas podían diferir en forma y tamaño y, por ende, en peso, se distinguían de los átomos de otros mecanicistas por su disposición jerárquica y, sobre todo, por

⁸⁵ Thackray Arnold, *Atoms and Powers*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1970.

⁸⁶ Newton Isaac, *Opticks* (1730), Dover Publications, Inc., New York, 1979, p. 267.

⁸⁷ Newton, *op. cit.*, *Query* 31, p. 394.

⁸⁸ Newton, *The Principia*, trs. Andrew Motte, Prometheus Books, New York, 1995, p. 320.

las fuerzas asociadas con ellos: la *vis inertiae* que les era inherente, además de las fuerzas de gravedad, fermentación y cohesión.

It seems probable to me, that God in the Beginning form'd Matter in solid, massy, hard, impenetrable, moveable Particles, of such Sizes and Figures, and with such other Properties, and in such Proportion to Space, as most conduced to the End for which he form'd them; and that these primitive Particles being Solids, are incomparably harder than any porous Bodies compounded of them; even so very hard, as never to wear or break in pieces; no ordinary Power being able to divide what God himself made one in the first Creation. [...] These Particles have not only a *Vis inertiae*, accompanied with such passive Laws of Motions as naturally result from that Force, but also that they are moved by certain active Principles, such as is that of Gravity, and that which causes Fermentation, and the Cohesion of Bodies.⁸⁹

Hacia 1690 comenzó a circular en forma manuscrita otro texto de Newton, *De Natura Acidorum*, que sería publicado en 1710. Ahí profundizó y enunció de manera formal algunas de las nociones químicas implícitas en *Opticks*, etiquetando los diferentes órdenes de composición de los átomos como “primera composición”, “segunda”, etc., y aclarando que las reacciones químicas afectaban sólo a las partículas de la última composición.⁹⁰ En este sentido, la reacción química normal se producía sólo en un nivel superficial, no atómico, y la verdadera transmutación era un proceso distinto. Acerca de este tema, en la primera edición de *Principia* Newton había aceptado simplemente la opinión común de que todo cuerpo podía transformarse en un cuerpo de cualquier otra clase; en contraste, en la edición de 1713, como dijimos antes, sostuvo la existencia de cualidades de la materia que no estaban sujetas a cambio. Sin embargo, sí creía que un gran número de transformaciones eran posibles gracias a la separación, asociación y movimiento de las partículas últimas permanentes. Ya que cuerpos observables como el oro eran compuestos, si las partículas de la primera, o quizás de la segunda composición pudieran separarse, la transmutación tendría lugar. De hecho, existían transmutaciones observables en el cambio, irreversible, que sufría el alimento al interior de los cuerpos de plantas y animales y en la acción de los ácidos sobre algunas tierras.

Hence also it may be, that the Parts of Animals and Vegetables preserve their several Forms, and assimilate their Nourishment; the soft and moist Nourishment easily changing its Texture by a gentle Heat and Motion, till it becomes like the dense, hard, dry, and durable Earth in the Center of each Particle.⁹¹

⁸⁹ *Ibidem*, pp. 400-401.

⁹⁰ Newton, “De Natura Acidorum” en *Isaac Newton's Papers & Letters on Natural Philosophy*, Cohen I. Bernard (ed.), Harvard University Press, Cambridge, 1958, p. 258.

⁹¹ *Ibidem*, p. 387.

Estas tesis newtonianas le dieron a la química un modelo explicativo útil, que daba cuenta tanto de las reacciones químicas irreversibles como de la diferencia entre estas y las reacciones químicas ordinarias. Pero implícita en ellas se hallaba la creencia de que todas las sustancias químicas eran en efecto mixtos, y que las partículas últimas se hallaban muy por debajo del nivel de observación directa. Las cualidades de forma, tamaño y masa inercial, inalterables, no podían identificarse con ninguno de los ingredientes observados del mundo natural, todos ellos sujetos a cambio. Así pues, sus partículas primitivas no poseían relación directa con ningún químico observable, a pesar de lo cual el atomismo newtoniano tenía una conexión directa con la química en virtud de las tesis de la estructura interna, jerárquica, de la materia y de la existencia de fuerzas entre partículas que daban cuenta de las cualidades secundarias de las sustancias químicas y de sus reacciones. Estas fuerzas, desde el punto de vista de Newton, poseían un enorme poder explicativo; permitían elucidar todos los fenómenos de la química, desde la explosión de la pólvora y la formación de los cristales, hasta los efectos del *aqua regia* y el *aqua fortis* en la plata y el oro.⁹²

Recapitulación

Las teorías de la materia que hasta aquí he resumido son importantes en relación al argumento que intento establecer en la primera parte de este trabajo —esto es, que la química de Buffon se hallaba inscrita en una tradición de pensamiento químico caracterizada por continuidades antes que por rupturas y que no era de ningún modo anacrónica— porque prácticamente todas ellas, de un modo u otro, aparecerán en el pensamiento químico de Buffon.

En primer lugar está, evidentemente, la teoría de los cuatro elementos que, con modificaciones, retoma la química francesa de mediados y fines del siglo XVIII. Pero esto no ocurrió luego de un periodo en el que los cuatro elementos hubieran sido olvidados; al contrario, en la concepción iatroquímica el agua y la tierra fueron retomados abiertamente, y el fuego de manera disfrazada y es que, en este contexto, el fuego elemento aparecía ligado implícitamente a la noción de azufre o aceite, asociada a su vez con la de inflamabilidad. La perspectiva paracelsiano-helmontiana, por su parte, propuso otros dos elementos que —además de la asociación azufre-

⁹² Ver Thackray, *op. cit.*, pp. 23-24. Además de los autores citados ver Donovan Arthur, "Newton and Lavoisier" en Theerman & Seeff (eds.), *Action and Reaction*, Associated University Presses, London and Toronto, 1993.

fuego— aparecerían luego en la química de Buffon: la concepción de una naturaleza orgánica, animada por fuerzas propias, y la visión totalizadora y fundante de la filosofía química.

El advenimiento del mecanicismo no produjo una ruptura tajante con esta antigua perspectiva. Existen semejanzas entre los elementos de Descartes y los elementos aristotélicos (exceptuando el agua) y los principios paracelsianos. Claramente en el caso de Lémery, los conceptos tradicionales de la química son traducidos a lenguaje corpuscular; en otras palabras, esos conceptos persisten bajo una nueva forma. Para este autor la figura de las partículas, su tamaño y movimiento, explican las propiedades químicas de las sustancias, pero estas siguen estando constituidas por los cinco principios de la iatroquímica, al menos de manera tentativa y en la medida en que parecía haber correspondencia entre esos principios y características químicas importantes. Y es que la postulación de la figura de las partículas como nivel explicativo último traía consigo un problema, el de la transdición, que Boyle hizo evidente con su fuerte crítica a la noción de elemento y/o principio. Ya que esta crítica no dejaba en claro cómo podía reconocerse que una sustancia dada era un elemento, los químicos retomaron la tradicional correlación entre propiedades químicas reconocibles en el laboratorio y principios constituyentes. Fue en este contexto que Newton, sensible al problema de la transdición, introdujo la noción de fuerzas, transformando con ello el corpuscularismo y permitiendo vislumbrar una posible solución a ese problema.

Pues bien, Buffon retomó la cuestión de la transdición e intentó resolverla a su modo. No partió solamente de Newton, sin embargo. En el nuevo marco proporcionado por el concepto de fuerzas entre partículas volvió a tomar en consideración la figura de estas, tan importante para el mecanicismo pre-newtoniano. Además, Buffon encontró una manera de dar cuenta de los cuatro elementos aristotélicos a la luz de su fe newtoniana, pero su concepción de estos estuvo influida por la teoría del flogisto, de fuerte herencia paracelsiana. Por último, en el centro de su química están indudablemente los conceptos newtonianos de atracción y repulsión, conceptos que sin embargo se hallan enlazados a una antigua tradición en la historia de la química.

3 Afinidades

Si por un lado la química de Buffon retoma nociones presentes en concepciones del siglo XVII, por otro presenta sin duda, como tema central, la teoría de las afinidades. Esta teoría, que tenía tras sí una larga tradición en la historia de la química, comenzó a considerarse bajo una nueva luz gracias al concepto newtoniano de fuerzas entre partículas. Esta nueva consideración permitía, además, alentar la esperanza de resolver el problema de la transición por la vía, justamente, de la cuantificación de las afinidades. La visión newtoniana ejerció así gran influencia en este terreno a lo largo del siglo XVIII. El alcance y los límites de esta influencia han estado, sin embargo, sujetos a debate en los últimos años. Aunque hablar de newtonismo en química se ha identificado con el intento de mostrar que la física dominaba a una química inmadura y carente de autonomía,¹ por lo menos hacia la segunda mitad del siglo XVIII la faceta de la filosofía natural que hoy consideramos física había dejado de lado esta cuestión y, al contrario, la química se había apropiado de ella. Por otro lado, las atracciones formaban parte de la teoría de la materia que, lejos de pertenecer a alguna especialidad en particular, se hallaba disponible para quien se interesara en ella.² El newtonismo, además, podía servir a una variedad de propósitos; si para algunos investigadores los conceptos de Newton constituían una guía efectiva para la investigación, para otros quizás no eran más que un lenguaje que confería prestigio. Los newtonianos no eran pues una secta unificada.

Ahora bien: de la misma manera en que encontramos rastros de nociones paracelsianas o mecanicistas en la química buffoniana, encontramos también en ella huellas de los diversos autores newtonianos que se ocuparon de la teoría de las afinidades. Por este motivo este capítulo se ocupa en gran parte de los newtonianos; sin embargo, en la medida en que el concepto de afinidades había estado presente en la química primero como simpatías y, a principios del siglo XVIII, como meras relaciones o *rappports* entre sustancias, es preciso revisar brevemente también estas últimas dos concepciones de la afinidad.

¹ Duncan, por ejemplo, afirma: "We must beware of attributing to chemists the beliefs and assumptions that were held by physicists". Duncan, *Laws and Order*, *op. cit.*, p. 1.

² Ver Evan M. Melhado, "Chemistry, Physics, and the Chemical Revolution", *Isis*, vol. 76, no. 2, junio 1985. Ver también las críticas a la "newtonización" en Ursula Klein, "Origin of the concept of Chemical Compound", *Science in Context* 7, 2, 1994 y en Alistair Duncan, *Laws and Order*, Clarendon Press, Oxford, 1996.

La *Query* 31 de *Opticks* fue el sitio en donde Newton señaló con claridad sus tesis respecto a la existencia de fuerzas entre partículas y puso así distancia entre sus propias teorías y las del mecanicismo hasta entonces prevaleciente.

The Parts of all homogeneal hard Bodies which fully touch one another, stick together very strongly. And for explaining how this may be, some have invented hooked Atoms, which is begging the Question; [...] I had rather infer from their Cohesion, that their Particles attract one another by some Force, which in immediate Contact is exceeding strong, at small distances performs the chymical Operations above-mention'd, and reaches not far from the Particles with any sensible Effect.³

Las fuerzas entre partículas, como vimos, permitían dar cuenta no sólo de la cohesión, sino también de una multitud de fenómenos químicos, entre ellos el que en el siglo XVIII sería llamado afinidad electiva. Este fenómeno se presentaba en una serie de reacciones químicas, descritas por autores del siglo XVII como Boyle y Lémery (pero conocidas ya por lo menos desde los tiempos de Geber), en las que, por ejemplo, en una solución ácida el hierro desplazaba al cobre, el cobre desplazaba a la plata, y así sucesivamente para varios metales. Parecía existir una atracción preferencial de ciertas sustancias por otras y esto hizo pensar a Newton que, tal vez, las partículas ácidas del *aqua fortis* eran atraídas con mayor fuerza por el hierro que por el cobre, con mayor fuerza todavía por el cobre que por la plata, etc. En otras palabras, Newton reformuló la antigua idea de afinidad al presentarla bajo la forma de atracciones, pero también repulsiones, entre partículas. La sal de tártaro, sostenía, se licuaba en el aire húmedo porque las partículas de sal atraían las partículas de agua contenidas en el aire.

Es posible que el término “afinidades” haya aparecido por primera vez en el terreno de la química en los escritos de Albertus Magnus en el siglo XIII.⁴ Esto no significa que la historia del concepto de afinidad posea un comienzo definido; si pensamos en esta idea como lo que subyace a toda la magia⁵ sus orígenes se pierden el tiempo. No obstante, encontramos en Empédocles un antecedente del concepto de afinidad. Para este autor, que fue el primero en establecer claramente la teoría de que existían cuatro elementos compuestos cada uno por un tipo específico de

³ Newton, *op. cit.*, p. 389.

⁴ Esta es la postura de Guerlac, “The Background to Dalton’s Atomic Theory”, *Essays and Papers in the History of Modern Science*, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1977.

⁵ Levere Trevor H., *Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800-1865*, Clarendon Press, Oxford, 1971, p. 2. Sin embargo, hay que ir con cuidado aquí: resulta demasiado sencillo asociar la afinidad con la magia y por esta vía con una suerte de pensamiento precientífico. Quienes hacen esta asociación (ver, por ejemplo, Principe y Newman, *op. cit.*) olvidan que los seres vivos constituyeron durante largo tiempo el modelo para pensar el conjunto del universo y que esto no significa que fueran “infantiles” o “irracionales”.

partículas permanentes, todos los objetos visibles estaban constituidos no sólo por aire, fuego, tierra y agua, sino, además, por el Amor y el Odio, tensiones internas entre los elementos que se manifestaban en el movimiento y el cambio. Bajo la influencia del amor los elementos tendían a combinarse; bajo la influencia del odio, se separaban. Aunque ese amor y ese odio pueden verse como lejanos antecesores de las fuerzas newtonianas de atracción y repulsión, se trata de tendencias naturales interpretadas en ese momento en términos de tendencias afectivas de los elementos a unirse o separarse.⁶ En Empédocles el modelo de las relaciones entre elementos, preferencia o rechazo, era pues animista, como lo fue, asimismo, el invocado por el paracelsianismo. Ya en el siglo XVIII, Geoffroy reviviría este concepto, excluido junto con las cualidades ocultas por el mecanicismo, a la luz de un enfoque escéptico, que rehusaba comprometerse con una explicación fundamental acerca de cuál era la causa del fenómeno. Y fue en este marco que la obra de Newton, con su concepto de fuerzas de atracción y repulsión entre partículas, ofreció una nueva perspectiva para la interpretación de las afinidades e, incluso, para su posible cuantificación.⁷ Así pues, podemos dividir la concepción de las afinidades en tres perspectivas: una animista, una escéptica y una newtoniana.

3.1 Animismo

Hemos mencionado ya que durante el Renacimiento, y como parte de la batalla en contra del aristotelismo, los textos platónicos y pitagóricos volvieron a tener influencia. Esto trajo como consecuencia el que se produjera una fascinación por la relación entre las matemáticas y el universo a la que no escaparon autores como Copérnico y Kepler, ni, desde luego, algunos alquimistas. Robert Fludd, por ejemplo, creía que las matemáticas debían usarse para mostrar la existencia de armonías naturales en las relaciones y correspondencias entre las figuras geométricas y el cosmos. En un contexto en el que el hermetismo y la magia natural jugaban también un papel importante, se creía que todo lo existente se hallaba conectado entre sí, que todas las cosas tenían alguna relación entre ellas, y que el universo estaba repleto de fuerzas vitales o mágicas continuamente en acción. Y era por este motivo que se sostenía que el hombre, microcosmos, reflejaba todos los aspectos del mundo a su alrededor.

⁶ Böhme Gernot y Böhme Hartmut. **Fuego, agua, tierra, aire**. Herder, Barcelona, 1998, pp. 117-118.

⁷ Sobre este tema ver también Leicester Henry, **The Historical Background of Chemistry**, Dover Publications, New York, 1956.

The outer and the inner are *one* thing, *one* constellation, *one* influence, *one* concordance, *one* duration... *one* fruit. For this is the *limbus*, the primordial matter which contains all creatures in germ, just as man is contained in the *limbus* of his parents. The *limbus* of Adam was heaven and earth, water and air; and thus man remains like the *limbus*, he too contains heaven and earth, water and air; indeed, he is nothing but these.⁸

Paracelso intentó llevar lo más lejos posible las consecuencias de esta analogía y, en el terreno de la química, deducir a partir de ella hechos observables que probaran e ilustraran sus concepciones teóricas. Desde este punto de vista la tarea de los médicos era buscar los objetos en el reino mineral y vegetal que correspondieran a los cuerpos celestes. Pero además la relación entre el macro y el microcosmos y la sugerencia de que un estudio adecuado de la naturaleza permitiría encontrar un método —basado precisamente en tales analogías— para curar las enfermedades, alentaba también a los médicos a la búsqueda de correspondencias.

We men discover everything that lies hidden in the mountains by external signs and correspondences, and thus also do we find all the properties of herbs and everything that is in the stones.⁹

Aunque las implicaciones experimentales del neoplatonismo y su astrología existían ya con anterioridad, al igual que la alquimia, Paracelso fue responsable de unir ambas tradiciones de un modo tal que, a partir de él, la naturaleza comenzó a entenderse como una totalidad orgánica y un enorme laboratorio químico a la vez.

La Filosofía abarca todos los órganos y miembros, la salud y la enfermedad. Lo encontrado en la orina ha de ser interpretado en el mundo exterior, el pulso comprendido en el firmamento, la fisionomía en el astro, la quiromancia en los minerales, el aliento en los vientos del este y el oeste, la fiebre en los terremotos, etc.¹⁰

Ya que según Paracelso las funciones corporales no eran más que reacciones químicas, las medicinas preparadas por medios químicos debían curar las enfermedades; así pues, el médico paracelsiano promovería el uso de remedios químicos, sobre todo compuestos preparados con metales y minerales. Esto lo enfrentaba a la medicina galénica, de acuerdo con la cual la enfermedad se debía a un desequilibrio de los cuatro humores (sangre, *phlema*, bilis amarilla y bilis negra) y en la que por lo tanto la cura debía realizarse siguiendo el principio de que los “contrarios curan”. Desde este enfoque el desequilibrio en una cualidad se curaba mediante su contrario: el frío con calor, lo húmedo con lo seco, de modo que una medicina con un exceso de la cualidad

⁸ Paracelsus, *Selected Writings*, *op. cit.*, p. 21.

⁹ *Ibidem*, p. 120.

¹⁰ Paracelso, *Textos Esenciales*, *op. cit.*, p. 107.

caliente restauraría el equilibrio del sistema humoral predominantemente frío. La tradición popular germana a la que Paracelso se adhirió, sostenía en contraste que lo semejante se cura mediante lo semejante. El veneno que causaba la enfermedad podía también, en dosis adecuadas, remediarla.

En todas las cosas hay también un veneno, y nada carece de él. Sólo de la dosis depende si un veneno es veneno o no... Cuando se asigna a la estrella su medicamento, cuando se aplica caliente contra caliente y frío contra frío, se procede en el sentido del Arcanum. Porque en la Medicina no se puede proceder de otro modo que haciendo actuar esencia contra esencia, de forma que por así decirlo a cada una se le dé su hembra y a cada una su macho. [...] Las artes han surgido en razón de la forma exterior de las cosas, es decir, cuando una forma iguala a la otra, y lo igual se cura con lo igual... cáncer contra cáncer, dragoncilla contra la mordedura de las serpientes, etc., y una forma se puede emplear contra la otra.¹¹

Asimismo como parte de su oposición a la filosofía antigua, Paracelso retomó la idea de acción por simpatía en la naturaleza: la acción magnética, por ejemplo, no se realizaba por contacto, como en la física aristotélica, sino a distancia. Lo similar atraía a lo similar.¹²

Y es que la explicación más antigua de la combinación química es, quizás, justamente la que atribuye emociones humanas —tales como la simpatía— a las sustancias involucradas. En los textos más antiguos de química comúnmente se presentaban las reacciones químicas, hasta cierto punto a la manera de Empédocles, en términos de sustancias químicas movidas por emociones de amor y odio. En la alquimia árabe el azufre y el mercurio, principios macho y hembra respectivamente, eran de naturaleza opuesta pero se atraían entre sí; su unión perfecta, de hecho, originaba el oro.¹³ Así pues, los químicos más antiguos tenían ya varias expresiones para describir, y sus términos elucidar, el misterio constituido por la reactividad selectiva. Algunos se apoyaban en la analogía de la atracción magnética, pero la mayoría hacía uso de un modelo animista, en el que se usaban imágenes provenientes de las relaciones humanas. En la perspectiva alquímica y hermética, que tanto influyó sobre Paracelso, las afinidades se concebían como atributos vivientes de la materia. En el siglo XVI y en el XVII, autores que no eran alquimistas pero se hallaban bajo la influencia de la tradición alquímica tendían a usar palabras que implicaban que las sustancias químicas se amaban o se odiaban, aunque probablemente ya usaban estos términos sólo en sentido

¹¹ *Ibidem*, p. 135 y p. 162.

¹² De acuerdo con Metzger, (*Les Doctrines...*, *op. cit.*, nota p. 155) este supuesto de la iatroquímica es la forma en que se presentaron por primera vez las doctrinas que, a su vez, prepararon el camino para las fuerzas newtonianas.

¹³ Duncan Alistair, *Laws and Order in Eighteenth-Century Chemistry*, Clarendon Press, Oxford, 1996.

metafórico. Bacon, por ejemplo, hablaba de la “amistad” y la “enemistad” que los cuerpos muestran al elegir unirse al que les agrada o repeler al que los disgusta.

The fact is that bodies, at the touch of a body that is friendly or similar, resolve and open themselves; but at the touch of an unfriendly body the shrink up and gather themselves together.¹⁴

Jean Béguin (1550-1620), quien en 1610 publicó uno de los primeros libros de texto químicos, explicaba asimismo que el espíritu de vitriolo tenía una “simpatía extremada” por los metales y Joachim Jungius (1587-1657) supuso que existía un “poder” o “apetito” en virtud el cual los cuerpos naturales se combinaban entre sí. Johann Glauber (1604-1670) sostenía que el azufre ardiente odiaba al oro —esto es, no se combinaba con él— porque el oro no era más que azufre fijo y, por tanto, tenía relaciones de odio con el azufre ardiente; por otro lado, cuando la sal de amoniaco se calentaba con óxido de zinc, este se combinaba con el ácido a causa de una mayor afinidad con él, dejando libre al amonio. Y ya entrado el siglo XVII Tachenius interpretaba la unión entre ácidos y álcalis en términos de amor y odio, mientras que John Mayow (1641-1679) usó explícitamente una metáfora matrimonial:

The particles of nitrous spirit generated in the earth in the manner aforesaid, as soon as they are produced, approach the seeds of the fixed salts, which, as has been elsewhere shown, are hidden in the bosom of the earth, and solicit and call them forth into conjugal union as a suitable consort and of their own kind. [...] Salt has great affinity and relationship with nitro-aerial spirit and also with sulphur; for these very active elements are by turns married to salt as to a fitting bride, and are fixed in its embrace.¹⁵

De forma paralela comenzó a difundirse una concepción ligeramente distinta de la afinidad, más cercana a la de Paracelso. De acuerdo con ella, sustancias similares se combinaban entre sí debido a que poseían un composición semejante. El modelo seguía siendo animista pues se suponía que sustancias similares ejercían de algún modo una atracción o una simpatía entre ellas.

El uso de este sentido del término afinidad había aparecido desde el siglo XIII, en los escritos de Albertus Magnus (1193-1280), en donde este autor afirmaba que el azufre era capaz de quemar los metales debido a la afinidad de naturaleza entre él y las sustancias metálicas. Más tarde Geber explicó el orden definido de reactividad de los metales apelando a la idea de semejanza de composición. De acuerdo con la teoría azufre-mercurio de la composición metálica, la

¹⁴ Bacon Francis, *The Works of Francis Bacon*, vol. V, Spedding, Leslie, Denon (eds.), Longman & Co., London, 1861, p. 432.

¹⁵ Mayow John, *Medico-physical Works*, 1675, citado por Duncan Alistair, *op. cit.*, p. 36.

proporción de mercurio era diferente para cada metal; el que tenía más era el oro, e iba disminuyendo sucesivamente en el estaño, la plata, el plomo, el cobre y el hierro. Este era exactamente el mismo orden de su reactividad con el mercurio. Para el azufre y la tendencia a la calcinación mediante el fuego, el orden de reactividad era justamente el inverso. También Paracelso observó este fenómeno y sostuvo que dependía precisamente del grado de semejanza entre el metal en cuestión y el mercurio. En otras palabras, el mercurio tenía la propiedad de amalgamarse con los metales en general, pero con algunos la amalgama ocurría más fácilmente que con otros, dependiendo de con cuál poseyera la afinidad de naturaleza más estrecha.

En los siglos XVI y XVII, con autores como Palissy, Sylvius, Hooke y Mayow, se extendió la noción de afinidad como semejanza fundamental, parentesco estrecho o identidad de naturalezas entre las sustancias químicas que reaccionaban entre sí. Otro buen ejemplo de ello lo constituye el libro de texto de Davison, de 1635, en el que este autor explicaba del siguiente modo la disolución de metales mediante ácidos o aguas fuertes: en este caso, decía, el disolvente, lejos de ser "indiferente" en la disolución de cualquier mixto, poseía una "ciencia cierta" y un conocimiento del cuerpo sobre el cual debía ejercer su acción: este conocimiento se realizaba en virtud de la semejanza y la afinidad de la sustancias.¹⁶ Y es que si se vertía aguas fuertes sobre cera o madera, aunque estas fueran mucho más blandas que los metales, el disolvente no actuaba debido a que carecía de afinidad con lo que se pretendía disolver. Esta idea de Davison quedó relegada durante la etapa en que todas las reacciones químicas comenzaron a explicarse mediante el combate ácido-álcali; pero a finales del siglo XVII, y ya en el marco del mecanicismo, una doctrina parecida comenzó a ganar terreno. En esta nueva teoría no se atribuía ya a los disolventes una inteligencia que les permitiera seleccionar su soluble, ni tampoco se creía que hubiera una lucha u oposición entre los cuerpos en reacción capaz de dar lugar al compuesto, sino, solamente, que existía una similitud de composición que debía ser la causante de la afinidad.

La posición de John Mayow, a pesar de que apelaba a las metáforas de las hostilidades y de la unión conyugal, se hallaba ya fuertemente influida por la filosofía corpuscular. En consecuencia, Mayow creía que la materia estaba constituida por partículas y, al parecer, con esas metáforas solamente pretendía dar cuenta su manera de las afinidades. Desde su punto de vista la razón por

¹⁶ Davison, *Éléments de la philosophie de l'art du feu ou chimie*, 1635 ed. lat., 1651 ed. fr., p. 376, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 49.

la cual dos sustancias se combinaban entre sí, y no con otras, era sencillamente una suerte de afinidad intrínseca. Y, aunque no podía dar explicarlo más que con lenguaje figurativo, observó el fenómeno de la afinidad electiva: de la misma forma en que las sales ácidas, dijo, dejan las sales volátiles para unirse con la sal de tártaro fija como si esta fuera una pareja más adecuada, las sales fijas eligen a las ácidas preferentemente y formar con ellas una unión más estrecha.¹⁷

Esta perspectiva animista, la primera forma en que se presentan las afinidades, constituye un antecedente lejano de la propuesta de Buffon, quien tiene como fuente más inmediata las ideas de Newton al respecto.

3.2 Fuerzas

Con el mecanicismo, como sabemos, la filosofía natural tendía a rechazar no sólo las formas y cualidades aristotélicas, sino también la atribución de voluntad, simpatía y apetencia a la materia. Sin embargo, las explicaciones que intentaban apelar solamente al tamaño, la forma y el movimiento de las partículas no podían, al mismo tiempo, dar cuenta de las cualidades aristotélicas. Estas, entonces, se identificaron con descripciones *ad hoc* de las partículas.¹⁸

Fue en este contexto que Newton introdujo su concepto de fuerzas entre partículas. En su famosa carta a Boyle de 1679, aludió ya a algo muy similar a lo que luego, en *Opticks*, se transformaría en las nociones de atracción y repulsión: el agua, decía, es incapaz de actuar sobre un metal sumergido en ella; no penetra en sus poros y, en consecuencia, no puede disolverlo. Esto se debe, añadió, no a que las partículas de agua sean demasiado grandes para lograr ese propósito, sino a que no hay, entre el metal y el agua, sociabilidad alguna:

For there is a certain secret principle in nature, by which liquors are sociable to some things, and unsociable to others.¹⁹

El “principio secreto” que daba cuenta de la *sociabilidad* entre sustancias o la falta de ella se transformó para 1687, fecha en que se publicaron los *Principia*, en fuerzas de atracción y de repulsión.

¹⁷ Mayow, *op. cit.*, citado por Duncan Alistair, *op. cit.*, p. 37. En torno al modelo animista de las afinidades ver también Debus, *The English Paracelsians, op. cit.*; Debus, *The French Paracelsians, op. cit.*; Salzberg, *op. cit.*; Brock, *op. cit.*; Guerlac, *Essays and Papers..., op. cit.*; Thackray, *op. cit.*; Radl, *op. cit.*; Partington, *op. cit.*

¹⁸ Schofield Robert E. *Mechanism and Materialism*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1970, p. 6.

¹⁹ Newton, “Newton’s Letter to Boyle” en *Isaac Newton’s Papers & Letters on Natural Philosophy*, Cohen I. Bernard (ed.), Harvard University Press, Cambridge, 1958, p.251.

Ahora bien: en la teoría newtoniana de la materia se conjugan ecos tanto helmontianos como boyleanos; en ella se entrecruzan reminiscencias de la alquimia y convicciones mecanicistas. Si en los *Principia* Newton sugería, en efecto, que toda la materia tenía su origen en el agua, y en *Opticks* que todas las cosas crecen a partir del agua y retornan a ella mediante la putrefacción, a esta influencia de van Helmont se sumaba la de Boyle, cuya filosofía corpuscular también aceptaba, pero a la cual añadió las fuerzas de atracción y repulsión, poderes de la materia cuya naturaleza no deja de ser ambigua. Los poderes inherentes de la materia, que Newton atribuía a un éter sutil, sustituían las influencias astrales de Paracelso o el blas de van Helmont como causas del cambio y del movimiento.²⁰

Aunque el papel del éter en la visión newtoniana del mundo ha sido muy discutido —y por ejemplo para algunos autores Newton intentaba con esa noción ofrecer una explicación mecánica de la gravedad,²¹ mientras que para otros²² el éter está relacionado además con la antigua idea de que existe un “espíritu” que anima a todas las cosas— lo que sí parece estar claro es el interés que Newton tuvo en la perspectiva de la alquimia; más allá de la información empírica y experimental que se encontraba en los textos alquímicos, le preocupaban los misterios y secretos que ahí aparecían bajo la forma de metáforas y alegorías. Influído por el neoplatonismo y el hermetismo de su época, Newton creía que estos enfoques podían indicar la vía hacia el descubrimiento tanto de la estructura de la materia como de los poderes y energías de la naturaleza, a los que en público se refería en términos de corpúsculos, atracciones y repulsiones. Entre los libros de alquimia que Newton con seguridad leyó se encuentran los de Michael Sendivogius y los de Eirenaeus Philalethes (George Starkey), en los que se hablaba del “secreto alimento de la vida”, de la forma en que la alquimia refleja la labor de Dios durante la creación y del pneuma de los estoicos.²³

Fue tal vez en virtud del contacto con la biblioteca de alquimia de Isaac Barrow, su tutor durante un tiempo, que Newton se introdujo en este tipo de temas en la década de 1660; pero también el interés de Boyle en la alquimia estimuló sus investigaciones. Como a aquel, a Newton le parecía que en los reportes de la crisopoeia acerca de transmutaciones podía haber, entre otras

²⁰ Brock, *op. cit.*, p. 76.

²¹ Por ejemplo R. W. Home, “Newton’s subtle matter: the *Opticks* queries and the mechanical philosophy” en Field J. V. & James Frank A. J. L. (eds.). *Renaissance & Revolution*, Cambridge University Press, Cambridge, 1993.

²² Dobbs entre ellos; ver Dobbs B. J. T., “Conceptual Problems in Newton’s Early Chemistry”, en Osler & Farber (eds.), *Religion, Science and Worldview*, Cambridge University press, Cambridge, 1985.

²³ Brock, *op. cit.*, p. 32.

cosas, evidencia circunstancial a favor de la naturaleza corpuscular de la materia. Le interesaban además las afirmaciones neoplatónicas de los alquimistas en torno a las virtudes secretas del aire, en donde se suponía que se alojaba el espíritu universal vivificador, y en torno a las atracciones entre la materia celeste y la terrestre. Finalmente, había detrás de todo esto un objetivo teológico: la comprensión del “espíritu” que animaba a todas las cosas —ya fuera este luz, calor o éter universal— podría traer consigo una comprensión más profunda de Dios. Como hoy reconocen muchos autores, la parte de la alquimia conectada con los aspectos herméticos del pensamiento renacentista, influyó con gran fuerza en las ideas de Newton acerca de los mecanismos ocultos de la Naturaleza y la estructura fina de la materia.²⁴

En todo caso, la acción entre partículas, para Newton, no se producía ya mediante contacto, como ocurría en la filosofía corpuscular, sino a distancia; estas partículas de materia poseían poderes que variaban con la naturaleza, cantidad y cualidad de sus cuerpos y que se propagaban a través del espacio atrayendo o repeliendo a otros corpúsculos en función de sus distancias. Aun cuando Newton intentó sostener una posición desde la cual hablar de fuerzas significaba sólo hablar matemáticamente, y se rechazaba la especulación en torno a las causas de estos poderes, la publicación de *Opticks* no contribuyó a mantener ese punto de vista. En las *Queries* Newton presentó a las partículas como corpúsculos cuya acción entre sí producía la mayor parte de los fenómenos naturales y expuso una serie de ejemplos de fenómenos que podían ser causados por fuerzas atractivas y repulsivas. Entre los fenómenos producidos por fuerzas atractivas se hallaban la refracción de la luz, la gravedad, el magnetismo, la electricidad, la ebullición, la disolución, la cristalización y la capilaridad. Como ejemplos de fenómenos resultado de la acción de fuerzas repulsivas presentó la reflexión de la luz, la volatilidad, la fermentación y la putrefacción.

Específicamente en la *Query* 31, Newton afirmó que la permanencia de la naturaleza implicaba que las alteraciones de los cuerpos no consistían más que en diferentes separaciones, nuevas reuniones y movimientos de las partículas sólidas; en otras palabras, proclamó la constancia de la masa a través de las modificaciones aparentes que sufre su aspecto en virtud de fenómenos físico-químicos. Unas páginas antes, en la *Query* 30, se había preguntado acerca de la transformación de los diversos cuerpos en luz y de la luz en cuerpos; le parecía que esta transformación concordaba con una naturaleza que se complacía en ese tipo de cambios. La

²⁴ Entre ellos Duncan Alistair, *op. cit.*, p. 40.

similitud entre los cuerpos “gruesos” y la luz le permitió desarrollar en la siguiente *Query* una teoría de la materia que conduciría a una sistematización química al unir la hipótesis de la corporalidad de la luz con la hipótesis de la gravitación universal.

Have not the small Particles of Bodies certain Powers, Virtues, or Forces, by which they act a distance, not only upon the Rays of Light for reflecting, refracting, and inflecting them, but also upon one another for producing a great Part of the Phænomena of Nature? For it's well known, that Bodies act one upon another by the Attractions of Gravity, Magnetism, and Electricity; and these Instances shew the Tenor and Course of Nature, and make it not improbable but that there may be more attractive Powers than these. For Nature is very consonant and conformable to her self. How these Attractions may be perform'd, I do not here consider.²⁵

La *Query* 31 resultó ser de gran importancia para la química porque fue además el primer texto en el que las instancias bien conocidas de afinidades químicas se describieron en un solo sitio y de forma breve; fue quizás el primer tratamiento general de un tema al que muchos otros autores anteriores se habían referido de pasada y en lugares muy separados. Las correspondencias, las similitudes, las analogías que aparentemente habían sido excluidas de la ciencia por el mecanicismo triunfante proporcionarían así, de manera indirecta, un nuevo programa de investigación en química.²⁶

Y es que a este respecto Newton afirmó que así como en el álgebra comienzan las cantidades negativas al cesar las positivas, la atracción al terminar era sucedida por una virtud repulsiva. Asimismo, sostuvo que la simplicidad de la naturaleza implicaba el que realizara sus operaciones mediante el uso de sólo unas cuantas fuerzas. Sin embargo, Newton no aclaró cuántas y cuáles de esas fuerzas atractivas y repulsivas eran esenciales a la materia; sugirió de manera vaga y cualitativa únicamente de qué forma las atracciones y las repulsiones podrían dar cuenta de la cohesión, la tensión superficial, la capilaridad y una multitud de fenómenos químicos. Por ejemplo, la atracción prometía explicar las reacciones de desplazamiento químico, tales como la liberación de espíritu de sal al tratar la sal común con ácido sulfúrico o la precipitación de sales insolubles cuando se les añadía sal de tártaro. Además, pensaba que las fuerzas atractivas entre partículas podían variar de una sustancia química a otra. Lo que es claro es que en estos pasajes de la *Query* 31 Newton estaba

²⁵ Newton, *Opticks*, ed. cit., pp. 375-376.

²⁶ Metzger, op. cit., p. 165.

proponiendo, en términos de atracciones, la que luego sería llamada doctrina de las afinidades electivas.²⁷

Ya que la naturaleza era para él “very conformable to herself” existía probablemente una amplia analogía entre las operaciones celestes —los movimientos de los planetas— y las operaciones químicas, entre la atracción gravitacional y la afinidad química. En otras palabras, gracias a la teoría newtoniana de la materia los problemas de la afinidad química y de otras cualidades de la materia podían considerarse desde el enfoque proporcionado por la idea de fuerzas entre partículas. Al sostener que

There are therefore Agents in Nature able to make the Particles of Bodies stick together by very strong Attractions. And it is the Business of experimental Philosophy to find them out²⁸,

Newton estaba pues proponiendo un programa de investigación para la química, arriesgado tanto en alcance como en profundidad, desde el cual esa ciencia aparecía como parte de una nueva filosofía natural dinámica, en la que la naturaleza se hallaba gobernada por fuerzas de corto rango entre los átomos. Es en el marco de este programa de investigación que debemos situar la química de Buffon a fin de evaluar su supuesto anacronismo. Pero no debemos olvidar que, al mismo tiempo, Buffon se separa de Newton en varios aspectos, entre ellos los que tienen que ver con la idea de una materia totalmente activa por sí misma.

3.3 Escepticismo

A principios del siglo XVIII encontramos una postura en torno a las afinidades que se rehúsa a primera vista al menos tanto a aceptar la visión animista como la newtoniana. En 1718 Étienne-François Geoffroy (1672-1731) presentó una memoria titulada *Sur les rapports des différentes substances en Chimie*, en la que se publicó la primera tabla de afinidades químicas. Aquí, el autor ofrecía una enumeración comprehensiva de los órdenes de reacción preferentes de una serie de sustancias químicas. Geoffroy no especulaba acerca de la causa de estos fenómenos; ni siquiera hacía referencia a los átomos o a las atracciones, y usaba solamente el término *rapports*. Ya que desde tiempo atrás, los químicos estaban al tanto de la propiedad de reactividad específica, así

²⁷ Guerlac, *op. cit.*, pp. 227-228.

²⁸ Newton, *Opticks*, ed. *cit.*, p. 394. Acerca de esto ver también Thackray, *op. cit.*; Metzger, *Newton*, *Stahl*, *Boerhaave*, Albert Blanchard, Paris, 1930; Levere, *op. cit.*

como de las reacciones de desplazamiento, la mayor parte de la información reunida en esa tabla pudo haberse extraído de la tradición química del siglo XVII. Pero, con este trabajo, el autor pretendía utilizar la experiencia para aclarar una serie de cuestiones que, como esa, interesaban a los químicos de entonces y, sobre todo, establecer un conjunto de datos que les permitieran prever lo que ocurriría al reunir dos cuerpos en una misma reacción. Aunque no se oponía de manera explícita a la filosofía newtoniana, la ignoraba por completo, y sencillamente intentaba establecer que

Toute les fois que deux substances qui ont quelque disposition à se joindre l'une avec l'autre se trouvent unies ensemble, s'il en survient une troisième qui ait plus de rapport avec l'une des deux, elle s'y unit en faisant lâcher prise à l'autre.²⁹

Probablemente esta era la postura de un químico práctico que podía, en ese momento, aceptar un concepto vago de afinidad, sin comprometerse con teoría física o metafísica alguna, el cual simplemente aludiera al hecho de que cuando la reacción $AB + C \rightarrow AC + B$ tenía lugar, la afinidad de A por C era mayor que la de A por B . Pero posiblemente también fuera la postura de un autor que intentaba, mediante el término "*rappports*", evitar las complicaciones que traía consigo la creencia, compartida con contemporáneos suyos, en que las propiedades activas de los principios se hallaban tras esas relaciones.³⁰

En cualquier caso, la tabla de afinidades compilada por Geoffroy se sitúa en un contexto en el que las explicaciones cartesianas que apelaban a la figura de las partículas (del tipo de las de Lémery, por ejemplo) habían sido ya abandonadas en Francia, pero en el que la *Académie des Sciences* todavía no encontraba aceptable el paradigma newtoniano. El rechazo del cartesianismo, pero también del newtonismo, excluía toda teorización acerca de la afinidad y, por el contrario, alentaba la descripción de los fenómenos químicos en términos libres de teoría. Y de ahí que la tabla de Geoffroy pretendiera ante todo ser funcional y que su reticencia a permitirse especulaciones le ganara las alabanzas de Fontenelle: los *rappports*, decía este autor, serían una suerte de simpatías o atracciones "si estas fueran alguna cosa".³¹ Sin embargo, a pesar de su

²⁹ Geoffroy, "Table des différents rapports observés en Chimie entre différents substances", en *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Année 1718, Imprimerie Royale, Paris, 1741, p. 203.

³⁰ Sobre la postura "práctica" de Geoffroy ver Crosland, *op. cit.*, y Duncan, *op. cit.* Acerca de la creencia de Geoffroy en las propiedades activas de los principios ver Frederic L. Holmes, "The Communal Context for Étienne-François Geoffroy's 'Table des rapports'", *Science in Context* 9, 3 (1996), p. 308 especialmente.

³¹ Fontenelle, en *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Année 1718, Imprimerie Royale, Paris, 1741, p. 36.

terminología cuidadosamente neutral, la obra de Geoffroy produjo de inmediato la sospecha de haber sido inspirada por Newton y de tener implicaciones newtonianas.

De tal modo, durante la primera mitad del siglo XVIII, la incipiente aceptación de los estudios de afinidad por parte de algunos químicos se reflejó en la publicación de solamente unas pocas tablas similares a la de Geoffroy. De hecho, entre 1718 y 1750 sólo se publicaron dos más, la de Grosse (1730) y la de Gellert (1750). Rouelle, químico formado en la tradición stahliana, le prestó atención especial al trabajo de Geoffroy e influyó sobre alumnos suyos como Demachy y Venel, que también se ocuparon de este aspecto de la química. Pero ninguno de ellos se permitió “vains raisonnements” acerca de la causa de tales relaciones; al contrario, insistieron en que la afinidad o los *rappports* eran solamente palabras mediante las cuales los químicos expresaban la capacidad que tienen ciertas sustancias de unirse químicamente. Cualquiera que fuera la causa, no había que especular sobre ella. En su artículo “Chymie” para la *Encyclopédie*, Venel señalaba que, “afortunadamente” el newtonismo químico reinante en Inglaterra no había sido adoptado en Francia.³² Y es que este ensayo era un fuerte ataque en contra del curso newtoniano que, precisamente, la química estaba apunto de seguir en este último país: la física newtoniana, sostenía, era muy útil en su propio terreno pero no tenía nada que ofrecer a su ciencia, que debía ocuparse de las cualidades y de la verdadera naturaleza interior de los cuerpos de acuerdo con las enseñanzas de Stahl.

Así pues, los primeros constructores de tablas de afinidad se rehusaban simultáneamente a ser relacionados con modelos pasados de moda, como el animista, y a apelar a las fuerzas atractivas de corto rango de Newton. Evitaban la palabra atracción e incluso se resistieron en un inicio a hablar de afinidad. Esta situación cambiaría en los siguientes años. En 1749 P. J. Macquer (1718-1784) inició la publicación de sus *Éléments de Chymie*, el primer texto químico elemental que expuso y desarrolló de forma sistemática la doctrina de las afinidades.³³ En esta época Macquer era todavía precavido y agnóstico respecto a la causa o la naturaleza de este fenómeno, lo que no le impedía atribuir a los estudios de afinidad una gran importancia y sostener que la atracción, relación o afinidad, cualquiera que fuera su causa, nos permitía dar cuenta de, y conectar entre sí, todos los fenómenos químicos. Aunque la afinidad constituía un fenómeno incomprensible, el uso

³² Venel “Chymie” en Diderot & D’Alembert, *Encyclopédie, ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, tome III, Briasson, David, Le Breton, Durand, Paris, 1753, p. 437.

³³ Macquer, *Éléments de Chymie Théorique*, Paris, 1749, pp. 20 y siguientes.

de esta noción podía explicar y reducir a una unidad coherente los diferentes fenómenos de la química. La afinidad, insistía, no era una noción carente de sentido, sino un concepto que daba cuenta de una propiedad física, verdadera, real y general, de los cuerpos. Responsable de todas las combinaciones químicas, y no sólo de las de sustancias similares, obedecía a leyes invariables. Ya que él no se permitía especular acerca de la causa de las afinidades, aconsejaba a los lectores curiosos acercarse a las obras de Newton, Freind y Keill. Pero entre 1749 y 1768 Macquer cambiaría de actitud, debido quizás al triunfo del newtonismo en Francia³⁴ y a una inclinación cada vez mayor a darle más credibilidad a las especulaciones químicas de Newton.³⁵

3.4 Newtonismo

Aunque a grandes rasgos puede quizás hablarse de dos escuelas distintas que prevalecieron en la química del siglo XVIII anterior a Lavoisier, la química del flogisto y la química newtoniana, ambas perspectivas comparten el interés por las afinidades. Y si por un lado el enfoque escéptico de este tema se halla en parte vinculado a la tradición stahlianiana tal y como se desarrolló en Francia, por otro la influencia que tuvo la obra de Newton en el desarrollo de las teorías de la afinidad fue determinante. Por lo menos para algunos químicos la idea de que era posible explicar las reacciones químicas en términos de fuerzas atractivas, semejantes de alguna forma a la gravitacional, era fascinante.³⁶

Pero en el siglo XVIII el newtonismo tuvo significados distintos para diferentes pensadores. Para algunos de ellos la filosofía newtoniana era una cuestión de método —evitar hipótesis, hacer uso del análisis y la síntesis, insistir en la matematización, rechazar mecanismos causales. Pero para quienes se ocupaban de química, la visión newtoniana podía significar, entre otras cosas, la creencia en la estructura interna, jerárquica y ordenada de la materia, la convicción de que las reacciones químicas podían explicarse apelando a fuerzas atractivas o repulsivas, o la esperanza en que la

³⁴ El complejo triunfo del newtonismo en Francia se produjo, entre otras razones, gracias a la activa campaña realizada en su favor por personajes como Maupertuis, Clairaut, Voltaire y el propio Buffon en alianza con una corriente anticartesiana que existía ahí desde tiempo atrás. Ver Guerlac Henry, "Newton's Changing Reputation in Eighteenth Century", *Essays and Paper in the History of Modern Science*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1977, p. 77.

³⁵ Sobre esta postura escéptica en torno a las afinidades: Crosland, "Chemistry and the Chemical Revolution", en Rousseau & Porter (eds.), *The Ferment of Knowledge*, Cambridge University Press, 1980; Guerlac, *op. cit.*; Thackray, *op. cit.*; Levere, *op. cit.*

³⁶ Crosland Maurice, "Chemistry and the Chemical Revolution", en Rousseau & Porter, *op. cit.*, pp. 396-397.

cuantificación de las fuerzas de afinidad química permitiría construir una ciencia ordenada similar a la astronomía. De tal modo, las ideas de Newton, modificadas e interpretadas de diversas formas, se hallan detrás de gran parte de las teorías químicas del siglo XVIII, delimitando tanto sus ambiciones como sus actividades de investigación y preocupaciones teóricas. Y en particular, durante todo ese siglo, los newtonianos especularon en torno a las fuerzas de corto rango e incluso se produjeron intentos de cuantificarlas. En este contexto hubo desde químicos como Bergman para los cuales la afinidad constituía el principio más importante de organización de su ciencia, hasta químicos cuyo trabajo suele asociarse con otros campos, como es el caso de Black, pero para quienes las afinidades ocupan también un lugar sobresaliente.

Para cuando Newton murió el newtonismo florecía. Las ideas newtonianas, en asociación con distintos climas culturales —el de los *philosophes* escépticos en Francia por ejemplo— adoptaron, en consecuencia, distintas formas.³⁷ Conforme el siglo XVIII fue avanzando el newtonismo adquirió una variedad de formas, muchas veces conflictivas e incompatibles entre sí, estimuladas probablemente por cambios en el pensamiento mismo de Newton. Y así tenemos desde newtonianos profundamente piadosos, como Priestley, hasta autores que hoy llamaríamos positivistas, como Laplace; agrias discusiones respecto a las implicaciones teológicas de la teoría newtoniana de la materia, en torno a la modificabilidad de la ley del cuadrado inverso, o acerca de cuántas y cuáles fuerzas podían considerarse esenciales a la materia.

En la *Query* 31 Newton había afirmado que la cantidad de materia, la masa, permanecía constante a través de todas las modificaciones aparentes que su aspecto sufre en virtud de fenómenos físico-químicos.³⁸ Este principio de conservación de la materia con su reducción de la masa a términos esenciales, que se convertiría en el siglo XVIII en una verdad evidente y fundamental para los químicos, podía verse asimismo como un principio que permitía la eliminación en química de las especulaciones en torno al mecanismo interno de las reacciones químicas. Venel, en el artículo “Chymie” de la *Encyclopédie*, sostenía por ejemplo, desde otra tradición, que ya no había necesidad de combatir los entrelazamientos, los ganchos, y el resto de

³⁷ Thackray Arnold, *Atoms and Powers*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1970, p. 84.

³⁸ Newton, *Opticks*, ed. cit., p. 400.

las “quimeras” de los químicos del siglo XVII.³⁹ En lugar de tales quimeras, sin embargo, encontraremos durante un tiempo una serie de doctrinas que —bajo el supuesto newtoniano de la atracción entre partículas— intentarán, del mismo modo que los mecanicistas más tradicionales, dar cuenta de la causa de toda reacción química.⁴⁰

En términos muy generales puede decirse que la concepción newtoniana de la cantidad de materia como constante sirvió de base para una cosmología renovada y le impuso nuevos problemas a la química. Los químicos newtonianos apelaron a la ley de la gravitación universal para dar cuenta de las reacciones estudiadas por su ciencia, suponiendo siempre que esa ley se aplicaba tanto a lo infinitamente grande como a lo infinitamente pequeño. Se trataba de una generalización que se imponía como evidente y para la cual, probablemente, el camino había sido preparado por los autores renacentistas con sus nociones de correspondencias y semejanzas.⁴¹ Y es que para gran parte de los contemporáneos de Newton el hecho de que la fuerza de gravedad existiera realmente significaba que también debían existir los otros poderes centrales mencionados en los *Principia*: la fuerza magnética, la fuerza responsable de la reflexión, la refracción y la inflexión de la luz, las fuerzas centrífugas de los fluidos elásticos. Y a pesar de que las *Queries* se presentaban en forma de cuestionamientos, indicando que se trataban de especulaciones, conforme el prestigio de Newton creció se fueron aceptando cada vez más como posibilidades reales.

Otra implicación que los químicos newtonianos aceptaron sin discusión, como evidencia inmediata, fue la filosofía corpuscular de la materia que la ley de atracción requería necesariamente para extenderse a la química: las sustancias que hacían reaccionar eran agregados de moléculas demasiado pequeñas para ser vistas. Pero esta idea estaba ya contenida en el mecanicismo de Boyle y de Lémery y, por tanto, al admitirla, en lugar de añadir un elemento nuevo a la química más bien se situaba como una verdad de sentido común que nadie osaba cuestionar. La novedad que la concepción newtoniana traía consigo era la de las fuerzas de corto rango entre partículas, una noción de acción a distancia que no fue aceptada sin resistencia en Francia. Autores como

³⁹ “Le doctrine de Newton [...] les a décrédités assez généralement, pour qu’il soit inutile d’insister ici sur leur réfutation”, Venel, “Chymie” en Diderot & D’Alembert, *Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, tome III, Briasson, David, Le Breton, Durand, Paris, 1753, p. 416.

⁴⁰ Metzger Hélène, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Albert Blanchard, Paris, 1930, pp. 33.

⁴¹ *Ibidem*, p. 36.

Fontenelle se rehusaron de hecho a admitir la existencia de una atracción que consideraban irracional.

Ahora bien: a pesar de que la ley de atracción eliminara aparentemente la necesidad de imaginar los detalles que los mecanicistas requerían a fin de deducir los fenómenos naturales de sus principios, la concepción newtoniana chocó en primera instancia con la complejidad de los hechos de los laboratorios químicos. Por tal motivo, algunos de los químicos newtonianos consideraron la posibilidad de que en las reacciones químicas la atracción no decreciera en función del cuadrado de la distancia. Madame du Châtelet afirmó que cuando los newtonianos intentaban explicar mediante la atracción fenómenos como la cohesión, los fenómenos químicos, los de la luz, etc., se veían obligados a suponer la existencia de leyes diferentes a la de la gravitación. En otras palabras, la aplicación de la ley de atracción a los fenómenos químicos, sugerida por Newton a manera de programa, enfrentó en la práctica dificultades que parecían exigir modificaciones especiales para los cuerpos considerados. Los químicos tuvieron que alterar la ley de la gravitación para poder dar cuenta de los fenómenos químicos; se vieron obligados a dotar a cada sustancia de propiedades específicas y cualidades no previstas en las tesis de Newton.⁴²

Por otro lado, una parte importante de los químicos newtonianos no intentó reducir a fórmulas matemáticas el valor exacto de las atracciones en cuya existencia creían.⁴³ Al contrario, aceptaban sencillamente que toda materia poseía afinidades particulares y que las reacciones químicas eran resultado de ellas; en este sentido, sus conclusiones se acercaban mucho a la de pensadores aparentemente más prácticos que, como Geoffroy, buscaban solamente establecer una tabla de relaciones químicas. Las afinidades de los químicos newtonianos quedaron reducidas a meras notaciones, a afirmaciones sin explicación, similares a las de los autores renacentistas. Y, de hecho, los pensadores del siglo XVIII que conocían la filosofía del Renacimiento emplearon, aunque de manera metafórica, las imágenes que en siglos anteriores se consideraban un reflejo de

⁴² Este hecho permite a Schofield sostener la existencia de una rama "materialista" del newtonismo, para la cual —aunque quizás fuera cierto que todos los fenómenos del universo debían explicarse en última instancia apelando a las partículas de materia homogénea y las fuerzas de atracción y repulsión que se ejercían entre ellas— las regularidades en comportamiento y reacción de propiedades ofrecían las categorías que permitían distinguir una sustancia de otra. En este sentido todos los fenómenos físicos se explicarían por la posesión, o ausencia, de una sustancia con los caracteres distintivos necesarios. Estas causas materializadas, sustanciales, eran casi siempre fluidos imponderables, extremadamente tenues, caracterizados en parte por la posesión de diferentes fuerzas de atracción y repulsión. Ver Schofield Robert E. *Mechanism and Materialism*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1970, p. 94.

⁴³ Y de ahí el paralelo, señalado por Metzger, entre la teoría newtoniana de las afinidades y la animista-renacentista.

la realidad natural. De este modo, paradójicamente, la noción newtoniana de fuerzas entre partículas renovó, al aplicarse a la química, una tradición que la filosofía cartesiana había intentado hacer a un lado.⁴⁴

La teoría de las afinidades se apoyó en el trabajo experimental, pero sólo en parte. La investigación en torno a este tema fue dictada hasta cierto punto por una filosofía de la atracción derivada, en las escuelas alemanas, de una concepción animista de la materia. La química newtoniana conservó de la tradición renacentista solamente su esqueleto abstracto, eliminando con cuidado las interpretaciones novelescas, pero en ocasiones al menos compartió también con la visión renacentista la ambición totalizadora. En 1743 Lois Castel se preguntaba por qué una doctrina matemática tan bella como la newtoniana, pero de tan difícil acceso, había conseguido seducir a un conjunto de físicos y de químicos que eran incapaces de seguir sus cálculos. La respuesta a este cuestionamiento la había dado ya Voltaire:

Si esta fuerza de gravitación, de atracción, actúa en todos los globos celestes, actúa sin duda sobre todas las partes de esos globos [...]. Luego ese poder existe realmente en toda la materia y en las más pequeñas partículas de materia.⁴⁵

Si la fuerza de atracción dominaba a todos los cuerpos, debía tener un papel en una infinidad de experiencias que hasta entonces nadie, en particular los químicos, había podido explicar. El gran éxito de la atracción universal de Newton, a pesar de la resistencia que se opuso inicialmente en Francia a una noción considerada ininteligible, anticartesiana, provenía al menos en parte del hecho de que enunciaba una ley universal que integraba una vasta cantidad de fenómenos hasta entonces considerados distintos.

Si en efecto el objetivo más importante de muchos newtonianos era descubrir leyes fundamentales y comprensivas, más que como científicos en el sentido actual de la palabra, debemos entenderlos como filósofos naturales que pretendían construir sistemas de teorías que, al menos en principio, fueran capaces de hacer inteligible la naturaleza como un todo. La filosofía natural del siglo XVIII era fundamentalmente diferente de las ciencias positivas del siglo XIX: de hecho, en 1728, Ephraim Chambers (1680-1740) pensaba en el newtonismo en términos de una secta de la filosofía moderna, y lo situaba al lado del cartesianismo y del aristotelismo. Aunque en efecto eran posibles, y tuvieron lugar, lecturas restrictivas o positivistas de la obra de Newton,

⁴⁴ Metzger, *op. cit.*, p. 52.

⁴⁵ Voltaire, *Cartas Filosóficas*, Altaya, Barcelona, 1993, p. 105.

muchos de sus discípulos del siglo XVIII se apropiaron de sus logros al interior de una tradición de filosofía natural cuyas ambiciones eran totalizantes y de cuyo dominio la química, como ciencia independiente, no se había separado claramente todavía.⁴⁶ El objetivo de esta filosofía natural totalizante era ofrecer explicaciones capaces de satisfacer el intelecto mediante la demostración de la simplicidad subyacente a la inmensa diversidad de la naturaleza.

El momento cumbre de la química que adoptó supuestos newtonianos tuvo lugar a fines de los años 1770 y durante la década de 1780, justo antes de que comenzara la etapa pública de la revolución de Lavoisier. En ese momento, las especulaciones y debates originados por la obra de Newton cristalizaron en dos sistemas rivales, el de Boscovich y el de Buffon. Además, estaban ya disponibles las investigaciones de Taylor y de Hauksbee, unas doce tablas de afinidades y libros de texto químicos que aprobaban el newtonismo. Parecía, en este momento, que existía una base teórica adecuada y capacidad técnica suficiente para guiar al investigador newtoniano. Y ya que químicos de renombre como Guyton, Fourcroy, Kirwan, Bergman y Wenzel luchaban a favor de este punto de vista, la cuantificación de las fuerzas entre partículas se consideraba inminente. Este optimismo tenía tras sí, evidentemente, el trabajo especulativo o experimental, con énfasis en las matemáticas o carente de él, realizado por generaciones anteriores de newtonianos. Justamente algunos miembros de estas generaciones anteriores habían intentado, en primer lugar y con bastante éxito, trasladar la teoría de la materia de Newton a los campos de la química y la fisiología.⁴⁷

El newtonismo, es preciso aclararlo una vez más, no fue un bloque monolítico de autores que compartieran por completo ideas y prácticas de Newton. Es posible además que haya servido a intereses diversos, entre ellos el de conferir prestigio los autores que hacían uso de su lenguaje. Pero puede hablarse de newtonismo en química en la medida en que los conceptos newtonianos de atracción y repulsión entre partículas permitieron enfocar bajo una nueva luz la cuestión de las afinidades entre sustancias químicas. Por otro lado, quienes en química se apropiaron de ideas newtonianas compartían a veces con la filosofía natural el afán totalizador y la búsqueda de explicaciones fundamentales. Los contrastes entre estos diversos autores, y la influencia que tendrán en la “edad heroica” de la química newtoniana, pueden apreciarse si los examinamos,

⁴⁶ “It would be a serious anachronism to think of almost any figure before the late eighteenth century as purely and simply «a chemist», sostiene Thackray, *op. cit.*, p. 107.

⁴⁷ Sobre newtonismo ver también Donovan, “Newton and Lavoisier”, *op. cit.*

primero, de acuerdo a su país de origen y, a continuación, en relación a los afanes especulativos o cuantificadores de su propuesta.

3.5 Atracción y repulsión

3.5.1 Gran Bretaña

Entre los primeros teóricos de las fuerzas atractivas de corto rango se hallan, en Gran Bretaña, John Keill y John Freind, parte de un grupo de matemáticos simpatizantes de la filosofía natural, y personajes como Archibald Pitcairne, George Cheyne, Richard Mead y James Keill, provenientes de la tradición médica. Durante las primeras décadas del siglo XVIII estos personajes y aquellos a quienes inspiraron se encargaron de elaborar el nuevo corpuscularismo dinámico.⁴⁸

En el artículo de 1708 “On the Laws of Attraction and other Physical Properties”, John Keill afirmaba que existían tres órdenes de composición de las partículas. Las partículas de la primera composición, decía, eran las más pequeñas, absolutamente sólidas y no dejaban vacíos entre sí. Al reunirse, estas partículas constituían partículas de la segunda composición, moléculas que unidas a su vez conformaban las partículas de la tercera composición. De acuerdo con él los medios que permitían la unión entre partículas eran fuerzas atractivas, distintas de la fuerza de gravedad, que disminuían en mayor proporción que el cuadrado inverso de la distancia. A partir de estas fuerzas y del tamaño y forma de las partículas, que implicaban diferencias en contacto y grado de fuerza, podían explicarse fenómenos tales como la cohesión, la fluidez, la elasticidad, la disolución, la fermentación, etc. En otras palabras, Keill pensaba que la atracción no sería igualmente poderosa en una partícula de cierta magnitud con gran cantidad de poros que en una totalmente sólida. Además, sugirió que sus principios podrían explicar también el ascenso de la savia, la figura de hojas y flores, y la circulación y secreción de fluidos animales. Este trabajo no hacía referencia alguna a las fuerzas repulsivas, ni mostraba tampoco preocupación por la causas de las fuerzas atractivas. Sin embargo, contribuyó a despejar el camino para una química muy diferente a la que, bajo el influjo del corpuscularismo de Boyle y de Lémery, pero también de la iatroquímica representada por Willis y Mayow, seguía predominando en Gran Bretaña.

John Freind retomó y desarrolló el enfoque de Keill. En sus *Parælectiones Chymicæ* de 1709 sostuvo que sólo podía existir un sistema químico, el que tenía por base los principios

⁴⁸ Schofield, *op. cit.*, p. 40.

newtonianos y, en particular, la atracción. Para él, había dos poderes inherentes a la materia, el de la gravedad y el de la atracción entre partículas. A partir de esta última, intentó dar cuenta de todo el conjunto de la química, entendida como el arte de unir las partes de los cuerpos naturales que se encontraban separadas y de separarlas cuando se hallaban unidas. La fuerza de atracción entre partículas, sostuvo, varía de acuerdo con la textura y densidad de las partículas, mientras que la fuerza de gravedad sigue siendo la misma sin importar la textura de los cuerpos. La fuerza de cohesión surge de la atracción, añadió, y cambia de muchas maneras, dependiendo de las “cantidades” del contacto.⁴⁹ Para él la dureza era resultado de la cohesión mutua entre las partes del cuerpo, cohesión que era proporcional a su atracción; la fluidez, al contrario, era producto de la penetración de partículas de fuego en el cuerpo, pues este separaba las partículas, reduciendo el contacto entre ellas y en consecuencia la fuerza de cohesión. La disolución tenía lugar cuando las pequeñas partículas del *menstruo*, elásticas y moviéndose siempre a gran velocidad, adquirían el momento necesario para lograr introducirse. Con cada colisión de las partículas del *menstruo*, su movimiento, su ímpetus y su momento se incrementaban hasta que, finalmente, lograban romper aun el cuerpo más duro.

Freind explicaba por otro lado que el oro se amalgamaba fácilmente con el mercurio debido a que las partículas de mercurio son atraídas con mayor fuerza por el oro que entre sí y son, además, lo suficientemente pequeñas para introducirse en los poros del metal sin problemas. También intentó dar cuenta de la razón por la cual el *aqua fortis* disolvía la plata y no el oro, en contraste con el *aqua regia* que disolvía el oro pero no la plata. Con este fin, le asignó una serie de valores numéricos hipotéticos a sus variables —las proporciones de los tamaños de los poros de los dos metales, sus fuerzas atractivas, el tamaño de las partículas de los solventes, la cohesión de la plata y del oro, el momento de las partículas de *aqua fortis*— y de este modo ofreció un tratamiento general algebraico. Y si Freind mismo veía que este sistema no era susceptible de cálculo matemático preciso, puesto que carecía de fundamento experimental, pensaba sin embargo que esta situación era temporal.

Ya que durante prácticamente todo el siglo XVIII la investigación en química se realizó casi siempre como parte de la medicina, entre los personajes que popularizaron y promovieron las ideas de Newton en torno a la naturaleza se encuentran médicos que, como Archibald Pitcairne

⁴⁹ Freind, *Chymical Lectures*, citado por Duncan Alistair, *op. cit.*, p. 74.

(1652-1713) y sus seguidores, intentaban hacer de la medicina una ciencia newtoniana con repercusiones en química. George Cheyne (1671-1743), por ejemplo, argumentó en 1702 en su *New Theory of Fevers* a favor de una química reduccionista, basada en la nueva física newtoniana. Para Cheyne, Newton había ofrecido “the only key, whereby the secrets of Nature are unlocked”.⁵⁰ Y es que, desde su punto de vista al igual que desde el de sus contemporáneos newtonianos, la verdadera comprensión química pasaba por la investigación de fuerzas susceptibles de medición y por la exploración de las estructuras internas “más secretas y nobles”. Richard Mead (1653-1754), aunque no se ocupó mayormente de química, afirmó que el “mismo principio de acción” de la filosofía newtoniana se aplicaba a las partículas más diminutas y que cualquier poder suficiente para cambiar la atracción entre ellas alteraba la naturaleza de un fluido y lo hacía entrar en fermentación.

James Keill (1673-1719) por su parte intentó aplicar las explicaciones newtonianas a fenómenos químicos y sostuvo que el principio de atracción podía explicar la fisiología animal. En *Animal Secretion* (1708) hizo uso de la suposición de que una fuerza de corto rango, semejante a la de la gravedad, se hallaba siempre en la misma proporción a la cantidad de materia y, partiendo de ahí, afirmó que una partícula grande no ejercía una fuerza atractiva mayor que la ejercida por una partícula pequeña de la misma solidez; sin embargo, sostenía, las diversas figuras son causa de diferentes grados de atracción entre partículas. Así, las fuerzas atractivas variaban dependiendo de si las partículas eran conos, cilindros, cubos o esferas. *Ceteris paribus*, las partículas esféricas eran las que ejercían la mayor fuerza atractiva.⁵¹ Esta idea de que la eficacia de la fuerza atractiva de corto rango dependía de la forma de las partículas, condicionaría gran parte de las investigaciones orientadas a la cuantificación de los mecanismos químicos, sobre todo cuando Boscovich y Buffon la desarrollaron cada uno a su manera. Por lo pronto, Keill apuntaba cómo un sistema basado en las fuerzas y en unos cuantos tipos de partículas —conos, cilindros, cubos o esferas— podría explicar la formación, a partir de la sangre, de fluidos animales tales como la bilis o el semen.

Las implicaciones químicas del trabajo de estos primeros newtonianos fueron poco explotadas por escritores británicos posteriores, al contrario de lo que ocurriría en Francia. Pero entre las obras producidas en este sentido en Gran Bretaña antes de 1740 destacan los libros de

⁵⁰ Ver Thackray, *op. cit.*, p. 49.

⁵¹ Ver Thackray, *op. cit.*, p. 69.

texto de Peter Shaw y Henry Pemberton y el trabajo de Stephen Hales (1677-1761), quien no solamente reconoció su deuda con los primeros newtonianos sino que, además, fue quizás el único investigador que efectivamente realizó experimentos tomando como punto de partida de los principios de Freind.⁵² Una característica importante, sin embargo, lo separa de estos autores: a diferencia de Keill y Freind que no retomaron la idea newtoniana sobre la existencia —además de la de atracción— de una fuerza de repulsión química, Hales haría de la fuerza repulsiva una parte esencial de la economía de la naturaleza en su *Vegetable Staticks* (1727). La demostración contenida en este libro del papel que el aire jugaba en procesos químicos fue el punto de partida para la fructífera investigación que se realizaría posteriormente sobre este tema y ejerció una fuerte influencia durante la segunda mitad del siglo XVIII sobre el pensamiento en torno a los elementos químicos. Y, además, Hales logró que la tradición newtoniana fuera tomada en cuenta al mostrar la forma en que se podían retomar y desarrollar las *Queries* y, en particular, lo útiles que podían ser, tanto para la filosofía newtoniana en general como para la química especialmente, las fuerzas repulsivas.

La idea de fuerzas atractivas y repulsivas, que unía a los diferentes experimentos y observaciones de Hales, se derivaba en última instancia de las *Queries*:

It appears by many chymio-statical Experiments, that there is diffused thro' all natural, mutually attracting bodies, a large proportion of particles, which, as the first great Author of this important discovery, Sir *Isaac Newton*, observes, are capable of being thrown off from dense bodies by heat or fermentation into a vigorously elastick and permanently repelling state: And also of returning by fermentation, and sometimes without it, into dense bodies: It is by this amphibious property of the air, that the main and principal operations of Nature are carried on; for a mass of mutually attracting particles, without being blended with a due proportion of elastick repelling ones, would in many cases soon coalesce into a sluggish lump.⁵³

Para Desaguliers, en 1734, Hales había logrado con este trabajo mostrar lo bien fundadas que se hallaban varias de las *Queries* de Newton, poniéndolas fuera de toda duda. Pero de forma más inmediata, las fuentes conceptuales de *Vegetable Staticks* fueron el trabajo de Freind —quien en palabras de Hales había ofrecido, a partir de las propiedades de las partículas de la materia, “a very ingenious *Rationale* of the chief operations in Chymistry”⁵⁴— y el de James Keill, con quien

⁵² Uno de los libros de Hales, *Haemastaticks* (1733), “can only properly be understood as an experimental solo against the speculative obbligato of James Keill, and, to a lesser degree, of Pitcairne, Cheyne, Mead and John Freind”, Schofield, *op. cit.*, p. 70.

⁵³ Hales Stephen, *Vegetable Staticks*, Oldbourne, London (1727) 1961, p. xxvii.

⁵⁴ *Ibidem*.

compartía la creencia en que la nutrición de animales y vegetales tenía lugar sobre todo en los vasos capilares.

El análisis del aire, al que estaba dedicada prácticamente la mitad de *Vegetable Staticks*, se originó en algunos enunciados acerca del “aire permanente verdadero” en tres de las *Queries*. En este capítulo Hales mostró que el aire podía perder su elasticidad y “fijarse”:

That elasticity is no immutable property of air, is further evident from these Experiments; because it were impossible for such great quantities of it to be confined in the substances of Animals and Vegetables, in an elastick state, without rending the constituent parts with a vast explosion.⁵⁵

Y a la inversa, en el proceso de fermentación ocurría una gran expansión del aire debido a que este recobraba su elasticidad: las partículas aéreas se repelían entonces con una fuerza proporcional a sus distancias. Aunque las fuerzas repulsivas habían sido ya mencionadas por ‘sGravesande, los experimentos de Hales constituyeron una clara demostración de la importancia que tenía la fuerza repulsiva para la química. Estas fuerzas repulsivas serían retomadas por la química francesa de la segunda mitad del siglo XVIII. Asimismo Hales hizo uso del mecanismo de atracción para dar cuenta del reemplazo de una sustancia por otra en un compuesto. Al verter *aqua regia* sobre un anillo de oro, afirmaba, se generaba aire; ya que el oro no había perdido peso, el aire generado debía provenir o de los poros del oro o del *aqua regia* misma. Ya que con base en un experimento anterior creía probable que existieran partículas aéreas fijas en el ácido, explicaba que:

[These] air particles regained their elasticity, when the acid spirits which adhered to them were more strongly attracted by the gold, than by the air particles.⁵⁶

En 1731 Peter Shaw (1694-1763) publicó su *Course of Philosophical Chemistry*, y ya en este libro de texto encontramos un apartado dedicado a “the different relations vulgarly call’d sympathies and antipathies, or attractions and repulses, observ’d betwixt different chemical bodies” junto con una actitud desde la cual se integraban visiones de autores tan diversos como Stahl, Homberg y Newton. Henry Pemberton (1694-1771) por su parte produjo poco después de la muerte de Newton un libro acerca de la filosofía newtoniana en el que mostraba cómo, en principio, los fenómenos químicos podrían explicarse en términos de las ideas de Newton.⁵⁷

⁵⁵ *Ibidem*, p. xxviii.

⁵⁶ Hales, *op. cit.*, p. 121.

⁵⁷ Ver también Metzger, Newton, Stahl..., *op. cit.*; Levere, *op. cit.*

Encontramos ya en estos autores elementos que luego serán retomados por la química de Buffon. Tanto para Keill como para Freind, al igual que para otros autores en Gran Bretaña, la química debía tener como base los principios establecidos por Newton. Esto se aplicaba asimismo a áreas de conocimiento como la fisiología. James Keill le concedió en este contexto un lugar central a la forma de las partículas, señalando que esa forma afectaba la eficacia de la fuerza atractiva entre partículas, idea que ocupará un lugar central en la química buffoniana. Las propuestas de Hales, su introducción en la escena de las fuerzas repulsivas ignoradas por investigadores anteriores, serán también fundamentales para Buffon.

3.5.2 Holanda

En Holanda el intento de mostrar que la química y sus problemas podían ser tratados a la luz de la filosofía newtoniana fue realizado por personajes como W. J. 'sGravesande (1688-1742) y P. van Musschenbroek (1692-1671). En su *Physices Elementa Mathematica* de 1720 el primero de estos autores afirmaba que la atracción debía ser muy grande en el punto mismo de contacto entre partículas, pero que luego decrecía súbitamente; de este modo, mientras que a la menor distancia perceptible por los sentidos dejaba de actuar, a una distancia mayor se convertía en fuerza repulsiva. Y añadía que, con la ayuda de esta ley, se podía explicar fácilmente una gran cantidad de fenómenos; el hecho de que existía una fuerza atractiva y repulsiva, sostenía, se probaba en una multitud de experimentos químicos.⁵⁸ El texto de 'sGravesande incluía ejemplos de fuerzas atractivo-repulsivas (el ascenso capilar y el ascenso del agua entre dos placas de vidrio, entre otros) y de fuerzas específicamente químicas: atractivas (la acción del mercurio sobre el oro y el cobre), repulsivas (entre el mercurio y el hierro), y atractivo-repulsivas (solución y cristalización de sales). Musschenbroek por su parte, al exponer en *Elementa Physicae* (1734) las fuerzas atractivas y repulsivas, hizo también uso de numerosos ejemplos relativos a la química, y se refirió en especial a la obra de Boerhaave.

Fue precisamente con Hermann Boerhaave (1668-1738) que se produjo la unión entre un compromiso con la filosofía newtoniana y una comprensión química profunda.⁵⁹ Su trabajo fue de

⁵⁸ 'sGravesande, *Mathematical Elements of Natural Philosophy*, citado por Thackray, *op. cit.*, p. 103.

⁵⁹ Vale la pena aclarar que autores como Alistair Duncan consideran que en Boerhaave encontramos más bien una fase intermedia de mezcla entre visiones newtonianas y pre-newtonianas. Sin embargo, Duncan mismo reconoce que

enorme importancia para toda la química del siglo XVIII anterior a Lavoisier e influyó en toda Europa: Musschenbroek, por ejemplo, situaba en el mismo rango a *Opticks* y a la química de Boerhaave. Y en el contexto de la resistencia cartesiana a admitir la acción a distancia, Boerhaave fue el responsable de que, gradualmente, muchos químicos se convencieran de que la teoría de la materia debía fundarse sobre bases newtonianas.⁶⁰

Este autor integró la filosofía natural newtoniana con la antigua preocupación médica en torno al conocimiento y los remedios químicos. En este sentido, a pesar de que pensaba que quienes sostenían que todas las apariencias físicas debían explicarse en términos matemáticos estaban equivocados, argumentaba que los procesos vitales podrían explicarse con ayuda de la nueva física matemática y es que, para él, las leyes de la física podían aplicarse tanto al hombre como a los objetos inorgánicos. La química, desde su punto de vista, le permitía al médico analizar los fluidos corporales y explicar las patologías. Pero tenía que ser una nueva química, en la que las especulaciones de van Helmont y de Sylvius fueran remplazadas por un nuevo enfoque basado en la mecánica.

En tanto newtoniano, aceptaba que existían corpúsculos inalterables e indivisibles, muy por debajo del nivel observacional, pero al hablar de los elementos hacía evidente las enormes dificultades prácticas que subsistían en este campo: algunas veces mencionaba los cuatro elementos aristotélicos y, otras, la *tria prima* paracelsiana. La influencia del enfoque paracelsiano es visible, por ejemplo, en su afirmación de que eran dos elementos o cuerpos simples, el principio tierra —distribuido universalmente— y el principio mercurial —propio de los metales—, los que le proporcionaban la solidez, fijeza y densidad a las materias que conocemos. Ahora bien, concebía a los elementos tradicionales no sólo como principios o elementos de la naturaleza, sino también como agentes de las reacciones materiales, las sustancias más diseminadas y activas. En este sentido, ya con Boerhaave los elementos se transformaron en instrumentos, es decir, agentes mecánicos que producían, sostenían o transferían el movimiento interno del cual se creía que dependía todo cambio químico en última instancia. La incertidumbre acerca del estatus de los elementos, originada por la destructiva crítica de Boyle, se sumaba ahora además a una filosofía corpuscular newtoniana que le negaba todo estatus privilegiado a cualquier conjunto de químicos.

Boerhaave fue el primer profesor de química que presentó a esta como una ciencia exacta que podía pensarse como parte de una síntesis newtoniana. Ver Duncan, *op. cit.*, pp. 56 y siguientes.

⁶⁰ Metzger, *op. cit.*, p. 198.

Y de ahí que Boerhaave sostuviera que las sustancias manejadas por los químicos eran todas ellas compuestos.⁶¹

En su *Elementa chemiae* (1731) explicó que la solución era un entremezclamiento total de las partículas del soluto con las del solvente. Aunque las partículas de cada uno de ellos no sufrían cambio alguno, su combinación daba lugar a un nuevo conjunto de propiedades; en otras palabras, no se trataba de una mera mezcla mecánica. En la disolución el *menstruo* actuaba en virtud de su movimiento, de modo tal que la causa instrumental de toda reacción era el movimiento de los reactivos. Pero el origen de este movimiento no era una causa general, capaz de afectar a todos los cuerpos, sino un movimiento propio del disolvente y del cuerpo a disolver. Desde su punto de vista los *menstrua* podían ser de cuatro tipos: el primero de ellos incluía a aquellos que actuaban también gracias medios mecánicos. Existía en este caso una cierta proporción entre los poros del cuerpo que se disolvería y las partículas del *menstruo*, gracias a la cual estas últimas se introducían en los poros del primero. Esta explicación de los *menstrua*, vale la pena señalarlo, es de origen stahliano. El segundo tipo de *menstruo* actuaba tanto por medios mecánicos como por repulsión; aunque esta era de la misma clase que la que impedía la mezcla del aceite con el agua, el ejemplo que ofrecía era el del resultado de poner cobre, plata u oro fundidos en agua fría: una fuerte repulsión hacía que el metal se dividiera en partículas muy finas.

El tercer tipo de *menstruo* era aquel en que una sustancia mucho más pesada que otra permanecía disuelta en esta en lugar de precipitarse. A fin de explicar este fenómeno, Boerhaave introdujo el concepto newtoniano de atracción química y es que pensaba que Newton había proporcionado evidencias adecuadas a favor del papel que las fuerzas atractivas jugaban en química. Así, explicó que el oro permanecía disuelto en lugar de precipitarse en el *aqua regia*, dieciocho veces más ligera, porque existía entre las partículas de ambas sustancias una “virtud recíproca” mediante la cual se atraían. La acción disolvente, dijo, parece ser llevada a cabo por un “cierto poder” mediante el cual las partículas del *menstruum* se esfuerzan por asociarse con las del cuerpo a ser disuelto. Parecía existir aquí, añadió, una atracción “sociable”, una tendencia hacia la unión íntima.⁶²

⁶¹ Boerhaave, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 280.

⁶² Citado por Duncan, *op. cit.*, p. 58.

Boerhaave estaba consciente de que, a diferencia de la gravitacional, la atracción química variaba dependiendo de las sustancias involucradas; la ley de la gravedad, decía, no ayudaba a comprender, por ejemplo, las razones por las cuales una sustancia se combinaba con otra en lugar de hacerlo con una tercera. Así pues, afirmó que este tipo de atracción era peculiar al solvente y al soluto, y no a los cuerpos en general. Finalmente, la cuarta clase de *menstrua*, la mayor, era la de los que actuaban por los tres medios, esto es, mecánicos, atractivos y repulsivos.

Fue Boerhaave —junto con Macquer en Francia— quien restauró la respetabilidad del término afinidad en química, luego del periodo en que, a la manera de Geoffroy, se evitaba hablar tanto de atracción como de afinidad. De hecho habría distinguido claramente entre “atracción” —el “apetito de unión” que explicaba la unión de sustancias distintas— y “afinidad” —el poder que actuaba entre sustancias similares o idénticas originando la precipitación o la cristalización. Un cuerpo simple, sostenía, estaba compuesto por cuerpos más pequeños, perfectamente parecidos al todo, ellos mismos compuestos por otros todavía más pequeños, y así sucesivamente. Los corpúsculos se hallaban unidos mediante un principio que los hacía constituir pequeñas masas y que ninguna fuerza podía separar; y estas moléculas inalterables sólo podían unirse con otras similares para formar, mediante su afinidad, una unión duradera. En este aspecto las ideas de Boerhaave no sólo concordaban con el pensamiento newtoniano, sino también con las doctrinas stahlianas de la afinidad que comenzaban a imponerse en química. Y es que desde el enfoque stahliano la afinidad de lo semejante por lo semejante permitía explicar las reacciones materiales y a partir de ahí determinar la composición elemental de los cuerpos. Pero aunque Boerhaave aceptaba en parte esta idea, no intentó precisar más la naturaleza de la atracción química. El corpuscularismo de Boerhaave, en el que se integraban ideas paracelsianas, newtonianas y stahlianas, asimismo podía conjugarse, como en otros casos, con creencias provenientes de la alquimia; creía, por ejemplo, que las técnicas de separación química podían promover el crecimiento natural del oro en una matriz adecuada, mediante maduración, y pensaba que la transmutación de los metales en oro no era imposible.⁶³

Boerhaave, químico ante todo, propuso una visión instrumental de los elementos que ejerció una fuerte influencia en la química francesa en general y en Buffon en particular. Aunque aceptó

⁶³ Ver Duncan, *op. cit.*, p. 59. Sobre Boerhaave también: Guerlac, *Essays and Papers...*, *op. cit.*; Guerlac, *Lavoisier...*, *op. cit.*; Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*; Brock, *op. cit.*

que las fuerzas atractivas tenían un papel en los fenómenos químicos, pensaba que estas fuerzas variaban dependiendo de las sustancias involucradas —idea a la que Buffon se opuso resueltamente. Integró a su visión corpuscularista ideas newtonianas y stahlianas, lo cual muestra que (pese a lo expuesto por Venel en la *Encyclopédie*) el newtonismo y la química no necesariamente estaban reñidos en todos los casos. Boerhaave nos muestra el caso de un autor que, sin ser reduccionista como los newtonianos británicos, pensaba que las ideas de Newton y las de la tradición química podían integrarse adecuadamente. Buffon, con tendencias reduccionistas sin embargo, incorporará a su pensamiento también ideas provenientes de fuentes muy diversas, entre ellas Stahl y Boerhaave.

3.5.3 Francia

Durante la primera década del siglo XVIII en Francia se desarrolló el interés por la obra de Newton en general y por sus implicaciones químicas en particular; la hostilidad hacia la naturaleza “oculta” de la atracción no se había hecho presente todavía. Fue sólo con la polémica entre newtonianos y leibnizianos que la oposición cartesiana se intensificó, junto con la simpatía por Leibniz. A pesar de ello, de 1712 a 1732, esto es, durante el periodo de mayor oposición al newtonismo, existía conciencia de que las ideas de Newton abarcaban no sólo la mecánica celeste y la óptica, sino también la química, y comenzó a desarrollarse cierta simpatía hacia sus tesis acerca de la luz, el color y la química.

Fue en este contexto que se publicó, en 1723 y de manera anónima, el *Nouveau cours de Chymie suivant les principes de Newton & de Stahl*. Atribuido por algunos a J. B. Senac (1693-1770), se trataba de una exposición ecléctica en la que si por un lado se aceptaba la noción de *menstruo* de Stahl—esto es, la idea de que para que un *menstruo* disolviera un cuerpo se requería que existiera cierta proporción entre sus partículas y los poros del cuerpo a disolver— por otro se criticaba la noción cartesiana de materia. El *Nouveau cours* era también en gran medida una traducción directa, sin reconocimiento, de los escritos de Keill y de Freind y fue reseñado favorablemente por el *Journal des Sçavans*. En él se discutía la cuestión de la atracción y se intentaba aclarar que el término no era objetable si se entendía de forma correcta, es decir, de la forma que Newton mismo había subrayado.

La disposition que plusieurs parties divisées ont à se réunir, s'appelle attraction dans les livres de M. le Chevalier Newton, ce terme choque les oreilles Cartésiennes, mai je ne sçai pourquoi: on ne s'en sert que pour marquer une cause inconnue qui rapproche les Corps.⁶⁴

Además, advertía y valoraba la aplicación de la idea newtoniana de fuerzas de corto rango a los fenómenos químicos. En cuatro proposiciones generales exponía la esencia de la teoría de la afinidad; en la cuarta, en particular, afirmaba que si dos sustancias se hallaban unidas y se mezclaban con una tercera que tuviera mayor afinidad con alguna de las dos primeras de la que ambas tenían entre sí, una de estas abandonaba a la otra y se unía a la tercera.⁶⁵ Esta proposición era la misma que había enunciado Geoffroy en su *Table des rapports*, con la diferencia de que este autor había evitado usar el término afinidad.

La evaluación favorable de las ideas de Newton acerca de la atracción contenida en el *Nouveau cours* no condujo de manera inmediata al desarrollo de una química newtoniana en Francia, pero el conocimiento que proporcionó de la obra de Newton y de la de sus primeros discípulos —Keill y Freind entre ellos— sería aprovechado más tarde por autores como Macquer, Guyton y Berthollet. El enlace entre esta conciencia temprana del newtonismo y el posterior florecimiento de una química newtoniana francesa fue producto de los escritos y el patrocinio, especialmente de este último, de Buffon.⁶⁶

Por lo pronto, aunque la hostilidad hacia Newton no predominaba de manera absoluta en Francia, el entusiasmo cartesiano, la simpatía por los leibnizianos y las sospechas hacia los motivos ingleses continuaban existiendo. Antes de 1730 ningún personaje importante de la *Académie* estaba dispuesto a apoyar de forma pública e inequívoca la posición newtoniana. Un buen ejemplo de ello lo constituye precisamente Geoffroy, quien rehuía todo compromiso con el newtonismo. El primero en abogar a favor del newtonismo públicamente sería Maupertuis. Su trabajo, junto con el de Voltaire, contribuyó a producir un cambio en el equilibrio de la opinión educada, más que un viraje súbito. En “Sur les loix de l’attraction” —publicado en 1732 en las *Mémoires de la Académie*— Maupertuis sostuvo que la prosecución del programa newtoniano conduciría a solucionar el “curioso” problema de descubrir la ley de atracción que sigue una sustancia determinada. Una década más tarde, Maupertuis podía apreciar ya un cambio de actitud entre los

⁶⁴ Sénac, *Nouveau Cours de Chymie Suivant les Principes de Newton & de Stahl*, Jacques Vincent ed., Paris, 1723, p. 74.

⁶⁵ *Ibidem*, p. 78.

⁶⁶ Thackray, *op. cit.*, p. 95.

químicos, visible por ejemplo en el trabajo de Macquer. Puesto que para entonces el descubrimiento de una explicación física de la afinidad química parecía asequible, en la *Vénus physique* Maupertuis identificó los *rappports* de Geoffroy con las atracciones newtonianas y subrayó que los químicos admitían ya la atracción y la llevaban más lejos que los astrónomos.⁶⁷ Y es que para 1740 el newtonismo, en una versión predominantemente matemático-positivista, se hallaba bien establecido en Francia. Si por un lado la versión especulativo-experimental no era la que atraía a hombres como Laplace, Lagrange y Lavoisier, por otro prevalecía un clima hostil en Francia hacia cualquier explicación de fuerzas físicas basada en principios religiosos.⁶⁸

En Francia, a pesar de la oposición cartesiana a las ideas de Newton, se aceptó favorablemente el *Nouveau Cours*. En este texto se identificaban explícitamente los *rappports* de Geoffroy como atracciones y, aunque no condujo al desarrollo de una química newtoniana francesa de manera inmediata, constituyó un antecedente para el trabajo de personajes como Macquer o Guyton. Maupertuis, a continuación, identificaría los *rappports* con las atracciones newtonianas y esta sería la línea de trabajo que Buffon, precisamente, seguiría.

3.5.4 Especulaciones

La propuesta de que la investigación de las fuerzas entre partículas constituía, o debería constituir, el fundamento de la química alentó el surgimiento de algunos sistemas especulativos de amplio alcance. Entre ellos se encuentra el de Buffon, pero también los de autores como Knight y Boscovich.

Para los 1740 las doctrinas newtonianas, tal y como se exponían en los libros de texto de Desaguliers, Rowning, 'sGravesande, Algarotti, Voltaire y Madame du Châtelet, se habían difundido por la mayor parte de Europa. El newtonismo de estos textos apuntalaba el pensamiento de quienes se aproximaban a la química desde el punto de vista de una filosofía natural fisicalista. Pero este enfoque no dejó de ejercer influencia sobre las tradiciones de historia natural y de estilo químico stahlianiano. Por otro lado, una serie de filósofos newtonianos especulativos intentaron crear

⁶⁷ Maupertuis, *Venus Physique*, Paris, 1745, pp. 103-104: "Je ne puis m'empêcher d'avertir ici, que ces forces & ces rapports ne son autre chose que ce que d'autres Philosophes plus hardis appellent Attraction. [...] Les Astronomes furent ceux qui sentirent les premiers le besoin d'un nouveau principe pour les mouvements des corps célestes, & qui crurent l'avoir découvert dans ces mouvemens mêmes. La chymie en a depuis reconnu la nécessité; & les chymistes les plus fameux aujourd'hui, admettent l'Attraction, & l'étendent plus loin que n'ont fait les astronomes".

⁶⁸ Ver asimismo Guerlac, *Essays and Papers*, *op. cit.*

recuentos coherentes y lógico-deductivos del conjunto de la naturaleza. Estas teorías especulativas, a pesar de que no produjeron nuevos hechos, influyeron también en la investigación química. En este marco se sitúan autores como Knight en Gran Bretaña, Boscovich en Viena y Buffon en Francia.

La idea de que la gravedad era una propiedad primaria de la materia o de que, al menos, se hallaba siempre asociada a ella, fue ganando cada vez más terreno. Un ejemplo de ello lo constituye Gowin Knight (1713-1772), quien publicó en 1748 un libro titulado *An Attempt to Demonstrate, that all the Phaenomena in Nature may be Explained by Two Simple Active Principles, Attraction and Repulsion*. Aquí Knight afirmaba que había en la naturaleza dos tipos de materia, la atractiva y repulsiva, y dos tipos análogos de fuerzas, ambos regidos por la misma ley, la del cuadrado inverso. También postulaba la existencia de partículas primarias, todas del mismo tamaño, que al combinarse daban lugar a tres tipos de corpúsculos complejos: atractivos, repulsivos y neutrales. Los diferentes grados de cohesión eran resultado de la atracción y la repulsión y de los diferentes tamaños de las partículas constituyentes de una sustancia. Las moléculas así formadas por diferentes corpúsculos daban lugar a los elementos químicos: el “aire puro elemental” estaba constituido por corpúsculos repelentes y el “agua pura elemental” estaba formada por corpúsculos neutrales. Apegándose al esquema de Empédocles, pero asimismo bajo la influencia de Stahl, Knight afirmaba que los corpúsculos atractivos más pequeños formaban el flogisto, “la tierra más sutil”; los corpúsculos atractivos de tamaño medio constituían el “ácido universal, base de todas las sales” y, finalmente, los corpúsculos atractivos más grandes componían las piedras, los metales, etc. El tamaño de las partículas debía tenerse en cuenta porque afectaba la distancia que las separaba de sus centros de gravedad. En cuanto a las fuerzas, sostenía que, cuando los corpúsculos “atractivos” se aproximaban entre sí con fuerza cada vez mayor, llegaban a estar tan cerca que la repulsión comenzaba a contrarrestar la fuerza de atracción. A cierta distancia la repulsión se hacía tan fuerte que igualaba y luego destruía a la fuerza atractiva. Este juego de fuerzas, añadía, explicaba la elasticidad de los cuerpos.⁶⁹

R. J. Boscovich (1711-1787) por su parte fue quizás uno de los últimos newtonianos que intentó construir una teoría de filosofía natural omniabarcante. En 1758 publicó en Viena su *Theory of Natural Philosophy, Reduced to a Single Law of the Forces Existing in Nature*, con el

⁶⁹ Knight, *An Attempt to Demonstrate...*, citado por Thackray, *op. cit.*, p. 145.

cual pretendía tender lazos entre newtonianos y leibnizianos mediante un sistema que fuera admisible por parte de ambos bandos. Boscovich desarrolló la idea, que ya se encontraba en Knight, de que a distancias infinitamente pequeñas la curva de fuerza entre partículas tendía a una repulsión infinita. Esta fuerza era atractiva a distancias apreciables; pero a distancias muy pequeñas, de no más de un milésimo o milésimo y medio de pulgada, la atracción y la repulsión comenzaban a alternarse conforme cambiaba la distancia entre los átomos. Por tanto, había numerosas distancias a las que dos átomos no se atraían ni se repelían, sino que se hallaban en equilibrio, y cuando la distancia entre dos átomos se acercaba a cero, la fuerza de repulsión entre ellos tendía al infinito.

Now the law of forces is of this kind; the forces are repulsive at very small distances, & become indefinitely greater & greater, as the distances are diminished indefinitely, in such a manner that they are capable of destroying any velocity, no matter how large it may be, with which one point may approach another, before ever the distance between them vanishes. When the distance between them is increased, they are diminished in such a way that at a certain distance, which is extremely small, the force becomes nothing. Then as the distance is still further increased, the forces are changed to attractive forces; these at first increase, then diminish, vanish, & become repulsive forces, which in the same way first increase, then diminish, vanish, & become once more attractive; & so on, in turn, for a very great number of distances, which are all still very minute: until, finally, when we get to comparatively great distances, they begin to be continually attractive & approximately inversely proportional to the squares of the distances.⁷⁰

La alternancia atracción-repulsión era la propiedad esencial de las partículas y constituía la causa eficiente inmediata de todas las propiedades sensibles de la materia —gravedad, cohesión, fluidez, viscosidad, elasticidad, olor, sabor, calor, frío— de la electricidad e, incluso, de algunas operaciones químicas. Y es que una partícula compuesta por dos átomos prácticamente era incapaz de actuar sobre otro átomo a lo largo de una dirección, pero actuaba fuertemente sobre él a lo largo de otra dirección, a la manera de un imán. Por tanto, las partículas que presentaban esta polaridad se agrupaban de cierta forma en preferencia a otra y la selectividad en la combinación química quedaría explicada. Asimismo, el equilibrio entre atracción y repulsión intentaba dar cuenta de la estabilidad de los compuestos químicos. Con esta teoría Boscovich seguía una de las sugerencias hechas por Newton en la *Query* 31:

As in Algebra, where affirmative Quantities vanish and cease, there negative ones begin; so in Mechanics, where Attraction ceases, there a repulsive Virtue ought to begin.⁷¹

⁷⁰ Boscovich Roger Joseph, *A Theory of Natural Philosophy*, Viena, 1763, en <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/Chem-History/Boscovich-1763.html>

⁷¹ Newton, *Opticks*, op. cit., p. 395.

Pero la alternancia entre atracción y repulsión era la idea que Boscovich añadía a la doctrina newtoniana. Por otro lado, en contraste con una tendencia para entonces generalizada entre los newtonianos, desde la cual se postulaba la existencia de otro tipo de materia, el éter, no sujeta a la atracción gravitacional, esta alternancia hacía innecesario, desde su punto de vista, suponer la existencia de dos tipos fundamentalmente distintos de materia. Sin embargo, su objetivo era el de un filósofo natural típico del siglo XVIII (y el mismo de Buffon), esto es, ofrecer explicaciones que satisficieran al intelecto mediante la demostración de la simplicidad subyacente a la variedad de la naturaleza.⁷²

En este marco, Boscovich compartía con Keill y Freind, al igual que con Buffon, una firme creencia en que la comprensión química provendría del estudio de las fuerzas entre partículas. Sin embargo, su sistema no enfatizaba con gran fuerza el aspecto práctico y experimental de tal empresa, esto es, la cuantificación de las fuerzas químicas. En este sentido, para sus seguidores, la medición experimental de fuerzas observables ofrecía información poco significativa.

Junto al problema (nuevo) de la cuestión de la cuantificación de las fuerzas entre partículas, persistía el (antiguo) problema de los elementos. Aunque el viraje desde los mecanismos basados en la forma hacia los mecanismos basados en fuerzas había transformado la interpretación fisicalista de la química, la posición newtoniana a fin de cuentas reforzaba el rechazo mecanicista a concederle importancia fundamental al nivel químico de organización. La jerarquización de las partículas propuesta por Newton y retomada por varios de sus seguidores en diversas formas, no ofrecía un método claro para decidir cuáles de los químicos conocidos eran fundamentales y sí, en cambio, implicaba que en último término el análisis podía llegar a descomponerlos en sus partículas últimas. Por otro lado, en la edición de 1706 de *Opticks* Newton había añadido, además de algunas *Queries*, dos páginas más al cuerpo principal de la obra. En estas páginas desarrolló la idea de que los cuerpos eran mucho más “raros y porosos” de lo que comúnmente se creía. Con esta hipótesis se enfatizaban las diferencias entre sus propias creencias y el pleno cartesiano-leibniziano, al mismo tiempo que se magnificaba a Dios al minimizar el papel de la materia en la naturaleza. Pero la enorme sutileza de las partículas constituyentes más pequeñas ponía en cuestión la naturaleza y el estatus de esos elementos al sugerir que existía un gran abismo entre ellos y los átomos físicos últimos.

⁷² Thackray, *op. cit.*, p. 154.

En este sentido William Cullen (1710-1790) afirmó en 1762 que, al parecer, no se sabía nada por el momento ni de los elementos físicos ni de los principios químicos; tampoco, sostuvo, se conocía algún cuerpo que poseyera cualidades permanentes y fijas. En conclusión, para él, la doctrina de los elementos era inútil y hasta perjudicial.⁷³

Esta actitud, aunque acorde con los cánones de la teoría de la materia newtoniana, no era de utilidad alguna para los químicos. La influencia de la teoría newtoniana en la discusión de las causas de las reacciones químicas tampoco subsistiría mucho más allá del siglo XVIII y es que no era lo mismo afirmar que la especificidad de la reacción química tenía que explicarse en términos de las fuerzas atractivas o repulsivas entre las sustancias, que medir, o al menos clasificar, esas fuerzas.

Con Knight encontramos la postulación de dos tipos de materia, atractiva y repulsiva, y una sola ley que rige sus movimientos, la del cuadrado inverso. En la idea de que lejos de prevalecer una multitud de leyes particulares en las relaciones entre partículas, una sola ley —justamente la del cuadrado inverso— las rige a todas ellas, será seguido por Buffon. El sistema de Boscovich tiene todavía más semejanzas con el del naturalista francés. La alternancia atracción-repulsión, el rechazo a la existencia de dos tipos fundamentales de materia, la intención de construir una explicación omniabarcante, son características que encontramos también en el pensamiento de Buffon. Existe sin embargo una gran diferencia y es que este último autor creará haber encontrado una forma de cuantificar, por fin, las fuerzas entre partículas. En cuanto al problema de los elementos, Buffon retomará una tradición específicamente francesa sin, paradójicamente, hacer a una lado la noción de Newton de una materia prima universal.

3.5.5 Cuantificación

Así pues, uno de los problemas que interesaban más al químico durante el siglo XVIII era el de explicar la reactividad selectiva. Si por un lado la explicación más tradicional era que “lo semejante escoge a lo semejante” y, por otro, los mecanicistas habían enfatizado por encima de la semejanza actual la posesión por parte de las partículas de formas que permitieran su entremezclamiento, los autores que aceptaban la filosofía natural newtoniana buscaban construir una explicación apelando a las fuerzas de corto rango entre partículas. Al menos para una parte de los químicos del siglo

⁷³ Cullen, *Lectures*, citado por Thackray, p. 187.

XVIII la idea de una fuerza química susceptible de cuantificación era la vía para hacer de su ciencia una disciplina totalmente cuantitativa y predictiva. Según Buffon existía además un método que hacía posible esa cuantificación.

Geoffroy, como vimos, había sido el primero en realizar una enumeración comprehensiva de los órdenes de reacción preferentes de una serie de sustancias químicas. Y aunque ya numerosos autores habían explorado las implicaciones químicas de las ideas de Newton, sólo en la segunda mitad del siglo XVIII se produjo una unión real entre el newtonismo y la química práctica. El interés por los estudios de afinidad comenzó a reflejarse entonces no sólo en un número mayor de tablas publicadas, sino también en un compromiso con la visión newtoniana de la materia y de sus propiedades. Esto en un marco en el que las creencias newtonianas acerca de la reacción química podían todavía reconciliarse con facilidad con las fuerzas de corte animista que Stahl presentaba en su química. El esfuerzo de construcción de una ciencia cuantificada de las afinidades se realizó sobre todo en Francia, en donde la astronomía newtoniana había ido cosechando un triunfo tras otro y en donde los progresos debidos al trabajo de matemáticos franceses como Maupertuis, Clairaut, d'Alembert, Lagrange y Laplace eran espectaculares. El otro factor que alentó este desarrollo fue la influencia de Buffon.

En contraste, los químicos de Gran Bretaña —entre ellos Cullen y Black— no prestaron demasiada atención a este aspecto del newtonismo, quizás debido a la influencia de la teoría de Boscovich quien sugería que la atracción química no podía aislarse ni medirse con facilidad. No obstante, con anterioridad a Bergman y a los químicos franceses, estos químicos realizaron la importante contribución de interpretar las tablas de afinidad de los escritores continentales en términos atraccionistas newtonianos. Aunque ni Cullen ni Black intentaron cuantificar experimentalmente la fuerza atractiva química, el primero de ellos introdujo diagramas de afinidad con símbolos algebraicos o números que representaban fuerzas de afinidad relativas. En sus cursos de química —que comenzó a dictar en Glasgow a partir de 1747— Cullen discutía las afinidades químicas a la luz de una doctrina que combinaba el atomismo y el atraccionismo newtonianos con la idea de Macquer en torno a la existencia de distintos tipos de afinidad. Presentó asimismo al menos dos tablas de afinidad construidas por él mismo. Una de ellas se basaba en la de Geoffroy, pero la había modificado como resultado de su trabajo experimental. Él fue, junto con Black, el

primero en usar el término “atracciones electivas”.⁷⁴ Por otro lado, en las ideas de Cullen se dejaba sentir la influencia de Boerhaave: la explicación de la atracción química que aquel ofrecía —esto es, la idea de que esa atracción era resultado del carácter auto-repelente de las partículas de un fuego etéreo y de las densidades relativas del éter al interior dos cuerpos que se atraían entre sí y del éter en el medio externo— reflejaba las ideas de Boerhaave en torno al fuego.

Joseph Black (1728-1799) por su parte, retomó la doctrina de Cullen. En su artículo de 1756 “On Magnesia Alba” presentó sus puntos de vista acerca de la afinidad, si bien este tema no era lo central de su trabajo. Al interpretar sus experimentos, usó frecuentemente el concepto de fuerzas de atracción existentes entre sustancias diferentes unas de las otras y precisó con claridad la diferencia entre “afinidad” y “atracción”. Para él no era conveniente sustituir el segundo término por el primero, porque el término atracción involucraba la semejanza entre las atracciones química, gravitacional, eléctrica y magnética; además, dijo, la afinidad implica o sugiere una cierta semejanza que no se adecua a los hechos pues se puede observar una gran semejanza entre los cuerpos más proclives a unirse.⁷⁵

Black introdujo asimismo una distinción muy importante: separó en su tabla de afinidades las reacciones que tenían lugar “en seco” de las que se producían por la “vía húmeda”; las atracciones electivas que eran consecuencia del calor de las que eran resultado de la “relación” que los cuerpos tienen con el agua⁷⁶; y las atracciones electivas dobles que se presentaban en mezclas de soluciones acuosas de las que ocurrían en mezclas producidas por fusión.

Richard Kirwan (1733-1812), irlandés, contribuyó también de manera importante al estudio de la atracción química y diseñó un método experimental para medir la fuerza de afinidad que hace evidente el que, aunque ya para finales del siglo XVIII existía un amplio acuerdo acerca de la deseabilidad de la cuantificación, había poco consenso en torno a los medios más adecuados para lograrla. Argumentaba que, aunque aparentemente la gravedad específica de un compuesto debía corresponder a la suma de la de sus ingredientes, vía experimentación se encontraba que tal gravedad era mayor. La causa de este incremento, sostuvo, era que en el compuesto químico los componentes se hallaban unidos más estrechamente de lo que ocurría en una mera mezcla mecánica y ello, a su vez, era resultado de la atracción química. En consecuencia, pensaba que la

⁷⁴ Cullen, *Lectures*, citado por Duncan, *op. cit.*, p. 128.

⁷⁵ Black, *Lectures on the Elements of Chemistry*, 1803, citado por Duncan, *op. cit.*, p. 97.

⁷⁶ Black, *Lectures 1767/68*, citado por Duncan, *op. cit.*, p. 129.

atracción podía estimarse por el incremento de la densidad o de la gravedad específica y que era proporcional a esta.⁷⁷ Con el fin de medir la afinidad, Kirwan comenzó entonces a investigar la composición por peso de sales neutrales, pero pronto se decepcionó de este método en parte debido a la dificultad, señalada por él mismo, de obtener ácidos y sales neutrales puros. El newtonismo de este autor se combinaba con explicaciones flogísticas, con las que intentaba dar cuenta de sus problemas.⁷⁸

Bergman y Wenzel, en Suecia y Alemania respectivamente, también se involucraron en esta empresa. C. F. Wenzel (1740-1793), médico de formación, mostraba en *Lehre von der Verwandtschaft der Körper* (1777), qué tan ampliamente se conocía la idea buffoniana de que la afinidad era un efecto —susceptible de medición— de la atracción universal y presentaba un método para medir las fuerzas entre partículas. Propuso en este sentido que las diferentes velocidades a las que se disolvían cilindros de distintos metales en un cierto ácido deberían reflejar sus fuerzas atractivas relativas y sobre esta base produjo una serie plausible de cálculos. Por su parte Torbern Bergman (1735-1784) escribió una tesis para obtener el grado de maestro cuyo objeto de estudio eran las fuerzas atractivas. En su principal obra, *Dissertation on Elective Attractions* (1775), analizó detalladamente los factores, temperatura entre ellos, implicados en cualquier estudio de afinidad e incluyó listas exhaustivas de tablas. Su trabajo inspiró la fe de los newtonianos y los alentó a proseguir con su trabajo. Aparentemente desde 1768 se hallaba en contacto con Macquer y fue quizás gracias al *Dictionnaire* de este que conoció las ideas de Buffon. Al igual que para este último, para Bergman la fuerza gravitacional y la fuerza de afinidad química eran una sola y la misma. Además, también en coincidencia con Buffon, señaló que mientras los cuerpos celestes podían razonablemente considerarse como puntos gravitatorios, el caso de las partículas químicas era diferente. En química, la figura y situación de las partículas producía una gran variación en el efecto de la atracción.⁷⁹ Pero a diferencia del naturalista francés, Bergman pensaba que no se podía conocer con certeza la posición y figura de las partículas, de modo tal que era mejor estudiar,

⁷⁷ Kirwan, "Experiments and observations on the specific gravities and attractive powers of various saline substances", 1781, citado por Thackray, *op. cit.*, p. 228.

⁷⁸ Acerca de Kirwan ver también Seymour Mauskopf, "Richard Kirwan's Phlogiston Theory", *Ambix*, vol. 49, no. 3, noviembre 2002.

⁷⁹ Bergman, *A dissertation on elective attractions*, 1785, citado por Thackray, p. 220.

mediante experimentación, las relaciones mutuas de los cuerpos con respecto a la atracción en cada caso particular.⁸⁰

Si por sus ambiciones explicativas podemos situar a Buffon como parte de la tendencia que abordaba el problema de las afinidades en términos especulativos —es decir, intentando producir un recuento coherente del conjunto de la naturaleza—, su esbozo de una manera de medir las fuerzas entre partículas nos permite situarlo también indudablemente de parte de los autores cuantificacionistas. De hecho, las ideas de Buffon en torno a este tema influyeron en personajes como Bergman. Ahora bien: existe otra tendencia con gran influencia en la propuesta química de Buffon y de la química francesa de la segunda mitad del siglo XVIII; se trata de la química del flogisto.

3.6 Flogisto

Como mencionamos antes, a mediados del siglo XVIII prevalecieron en química dos enfoques, el del newtonismo y el de la teoría del flogisto, que no carecían de puntos comunes, sobre todo en lo tocante a las afinidades. Pero mientras que por un lado el newtonismo veía la solución al problema de la transición en la investigación de las fuerzas entre partículas, la teoría del flogisto, por otro, adoptó como punto de partida la modificación de las ideas más tradicionales acerca de los tres principios. En su *Physica Subterranea* de 1667 Johann Becher (1635-1682) propuso una teoría que proporcionaba una perspectiva química amplia sobre la base del retorno a la observación tradicional de que durante el proceso de combustión algo ardía, algo se destilaba y algo más ni se destilaba ni ardía.⁸¹

Becher volvió a apoyarse en las propiedades y el comportamiento perceptibles en el laboratorio de las sustancias químicas para presentar una teoría de cinco elementos: el aire, el agua y tres sólidos distintos que correspondían a las tres diferentes respuestas a la combustión. Estos tres sólidos eran una tierra vitrificable (*terra prima* o *terra vitrescibile*), el residuo inerte del proceso, vítreo y resistente al fuego; una tierra combustible o grasosa (*terra secunda*, *terra pinguis*) que ardía durante la combustión; y una tierra mercurial, un fluido volátil y flexible (*terra tertia*, *terra fluida*),

⁸⁰ *Ibidem*, citado por Thackray, p. 220. En torno a esto ver también Crosland, "Chemistry and the Chemical Revolution", *op. cit.*; Guerlac, *Essays and Papers...*, *op. cit.*; MacKie, *op. cit.*

⁸¹ Salzberg, *op. cit.*, p. 175.

que era lo que se destilaba. Aunque Becher rechazó de forma explícita no sólo la teoría aristotélica de los cuatro elementos sino también la *tria prima* paracelsiana, sus tres sólidos se parecían mucho a la sal, el azufre y el mercurio de Paracelso. La tierra mercurial le daba fluidez, sutilidad, volatilidad y carácter metálico a las sustancias; la tierra vítrea constituía el principio de fusibilidad y, finalmente, la *terra pinguis* causaba las propiedades aceitosas, sulfurosas y combustibles.⁸² El hecho de que Becher también llamara en ocasiones “azufre” a su *terra pinguis* muestra su vinculación con una tradición que tenía sus raíces en el pensamiento filosófico y médico antiguo y que fue continuada por Paracelso y los iatroquímicos.

Junto a sus atractivos prácticos la química de Becher presentaba tonos religiosos, vitalistas y paracelsianos. Para él la naturaleza había sido creada por un Dios químico y constituía una totalidad en la que se producía un ciclo perpetuo de cambio e intercambio. Pensaba también que todo debía explicarse mediante una analogía con los fenómenos de la vida; en este contexto, le daba más importancia a la creación de los seres vivos que a la de las piedras o los metales —pues esta no había sido mencionada en el Génesis— y ellos mismos no eran más que residuos, subproductos, de los seres vivos. Esta actitud, en la que lo vivo tenía prioridad sobre lo inerte, no desaparecería por completo; a pesar de que se iría eliminando de la química, se encuentran todavía en el siglo XVIII reminiscencias de esta idea.⁸³

Las ideas de Becher no se difundieron efectivamente hasta que un alumno suyo, Stahl, las reformuló. Georg Ernest Stahl (1660-1734) combinó las ideas de su maestro con tesis corpuscularistas pues, pese a adoptar una actitud pragmática ante la cuestión de los elementos, no excluía la posibilidad de que tales “elementos” estuvieran a su vez formados por unidades de materia más pequeñas. De este modo reconocía como válido el enfoque boyleano y newtoniano de la unidad de la materia y su posesión de estructura interna, pero lo situaba fuera del campo de la química y, en los hechos, adoptó una perspectiva antirreduccionista desde la cual las explicaciones

⁸² Johann Joachim Becher, “Acta laboratorii chymici monacensis, seu physicae subterraneae”, 1681 en Henry M. Leicester and Herbert S. Klickstein (eds.), **A Source Book in Chemistry, 1400-1900**, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1952, pp. 56-57.

⁸³ Ver Metzger, *op. cit.*, p. 98: “Les «molécules organiques» de Buffon qui se détachent des cadavres pour donner une forme régulière aux cristaux de diamant ou de pyrites n’en découlent-elles pas indirectement et d’une manière lointaine?”, se pregunta esta autora. Asimismo, agrega Metzger, Baumé sostendría que el vegetal era el instrumento usado por la naturaleza para combinar los elementos que, sin la acción de los seres vivos, serían incapaces de formar cuerpos complejos. Por último estaría Lamarck, persuadido de que las combinaciones químicas tendían a la escisión en elementos y de que solamente la fuerza vital lograba reunir los elementos heterogéneos en complejos. *Ibidem*.

newtonianas eran superficiales y totalmente irrelevantes para la química experimental.⁸⁴ Los autores que, además de Becher, constituyeron sus fuentes directas —su maestro G. W. Wedel, alquimista, y el helmontiano Jacob Barner⁸⁵— parecen hallarse detrás de su idea de que el conocimiento químico sólo podía obtenerse acudiendo a tradiciones más directamente químicas. Y es que lo que Stahl pretendía era remodelar la teoría química de forma que fuera racional, empírica y sobre todo verdadera para la experiencia química más que para la teoría física. Desde este punto de vista el movimiento de los corpúsculos era necesario para que una reacción química tuviera lugar, pero era insuficiente para dar cuenta de cada reacción específica. Y por este motivo trató de poner en la base de una teoría de la materia tomada en gran medida de la antigua tradición iatroquímica, evidencia experimental adecuada.⁸⁶

Ello no significaba, sin embargo, que Stahl aceptara las explicaciones químicas totalizantes proporcionadas por autores iatroquímicos como van Helmont, Sylvius o Tachenius; al contrario, sostenía que existía una distinción tajante entre la materia viva y la no viva. Mientras que esta última estaba constituida por partículas, y sí podía ser objeto de un enfoque mecanicista, la materia viva era distinta. En la medida en que el fin de la vida traía consigo la corrupción, debía haber algo en el ser vivo que impedía que tal proceso tuviera lugar; algo que, además, regulara sus acciones y sus funciones corporales: el *anima*. Esta dirigía los movimientos del ser viviente, e incluso sus procesos químicos, hacia una finalidad con propósito. A diferencia de lo que ocurría con un mecanismo, en el ser vivo los fenómenos vitales no eran producto de meras reacciones mecánicas. Lo orgánico era, con respecto a lo mecánico, un grado superior en la jerarquía de fuerzas. La química era inútil para una teoría médica verdadera en cuanto lo que aquella ciencia mostraba era que los mixtos que componían al cuerpo viviente eran esencialmente corruptibles, que el agua y la grasa formaban una mezcla inestable. La sangre, por ejemplo, era una mezcla “mucilaginososa y muy grasosa”, y por tanto muy corruptible. Y de ahí que en el terreno de la medicina, fuera necesario apelar a un “principio de vida”, el *anima*, capaz de orientar el mecanismo químico e impedir su putrefacción.⁸⁷

⁸⁴ Ver Levere, *op. cit.*, y Crosland, *op. cit.*

⁸⁵ Ver Thackray, *op. cit.*

⁸⁶ Duncan Alistair, *op. cit.*, p. 53.

⁸⁷ Roger Jacques, “Chimie et Biologie: Des «Molécules Organiques» de Buffon a la «Physico-chimie» de Lamarck” (1979), en *Pour une Histoire des Sciences à part entière*, Albin Michel, Paris, 1995.

En cuanto a la materia no viva Stahl pensaba, al igual que Boyle y Newton, que estaba constituida por partículas dispuestas jerárquicamente en grupos, que de tal modo daban lugar a los mixtos, y que existían cuatro tipos básicos de corpúsculos constituyentes: las tres tierras de Becher y el agua. Se trataba de cuatro elementos cuya existencia sólo podía inferirse a partir de la experimentación y que se combinaban gracias a sus afinidades o mediante la cohesión proporcionada por el agua para formar principios secundarios, las sustancias químicas. No todos los elementos últimos se hallaban necesariamente presentes en toda sustancia, pero las partículas de los elementos y los principios secundarios debían formar agregados para que los mixtos y los principios secundarios fueran visibles. En este sentido, más que meros constituyentes de un mixto, los elementos eran para Stahl instrumentos tanto de las mezclas como de las disoluciones. En efecto, en sus *Fundamenta Chymiae* Stahl señaló que el fuego, el agua y el aire eran los principales instrumentos del movimiento, mientras que la tierra, por sí misma, era un principio de reposo y agregación.⁸⁸

Además, y en este punto son visibles las influencias renacentistas en el pensamiento stahliano, admitía que los elementos constituyentes de los mixtos minerales, vegetales o animales eran los mismos y pasaban continuamente de un reino a otro. Ahora bien, el fuego, por su parte, no era un elemento material sino un instrumento. El aire no podía tampoco combinarse químicamente con la tierra y el agua, pero el agua sí constituía un ingrediente tanto de los mixtos animales y vegetales como de las sales. Los metales, por su parte, sólo contenían tierra, subdividida en tres especies (vitrificable, grasosa y mercurial) y capaz de comunicar a los mixtos sus cualidades absolutas (carácter vítreo, inflamabilidad, volatilidad). La tierra vítrea y la mercurial no eran susceptibles de ser aisladas por el químico, y la grasosa formaba junto con las otras dos un compuesto muy estable. Pero el hecho de que los metales estuvieran compuestos por las tres tierras, que para Becher significaba que no había entre ellos ninguna barrera infranqueable y que, en ciertas condiciones, un metal podía transformarse en otro, a los ojos de Stahl era en todo caso objeto de una investigación que conducía a obstáculos insuperables.

⁸⁸ Stahl, trans. P. Shaw, *Philosophical Principles of Universal Chemistry*, London, 1730, pp. 65-66, citado por Duncan, *op. cit.*, p. 54.

Unos años antes, en 1716, en *Zufällige Gedanken und nützliche Bedencken über den Streit von den sogenannten Sulfure*⁸⁹ Stahl le había dado un nuevo nombre a la tierra grasosa combustible de Becher; la llamó flogisto y usó este concepto para dar cuenta de una variedad de procesos químicos. En ese texto explicó que el “principio sulfuroso” era el fuego corpóreo, la verdadera materia del fuego, y que si no se hallaba mezclado se disipaba en partículas; por tanto, el nombre más conveniente para él era el de principio inflamable —en griego, *phlogiston*.

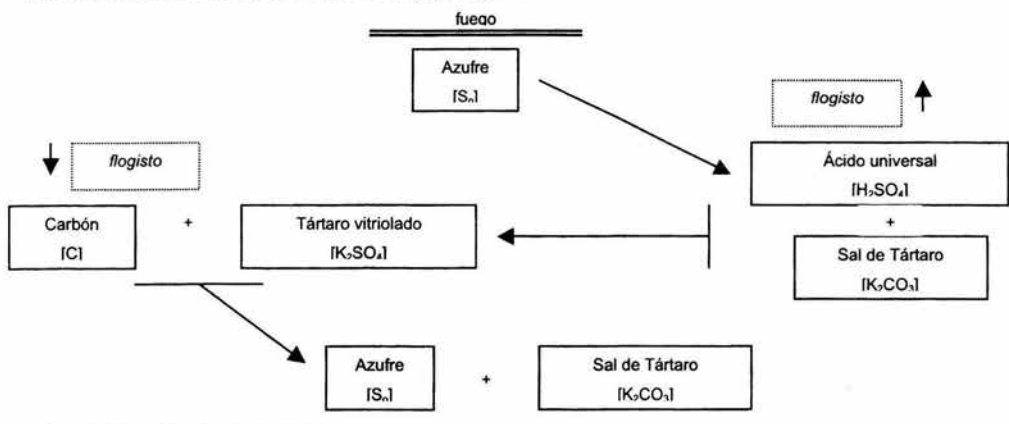
Toward fire, this sulphur principle behaves in such a manner that is not only suitable for the movement of fire but is also one and the same thing, yes, even created and designed for it. But also, according to a reasonable manner of speaking, it is the corporeal fire, the essential fire material, the true basis of fire movement in all inflammable compounds. [...] From all this various conditions, therefore, I have believed that it should be given a name, as the first, unique, basic, inflammable principle [...], I have felt it is most fitting to name it from its general action, which it customarily shows in all its compounds. And therefore I have chosen the Greek name phlogiston.⁹⁰

Esta idea le permitió dar una nueva explicación de la combustión que, tradicionalmente, había sido considerada siempre un proceso de descomposición en el que algo se perdía. La combustión de aceite, de carbón o de azufre se explicaba durante el Renacimiento, por ejemplo, diciendo que el fuego en potencia o azufre principio, que hasta ese momento era una parte integrante de ellos, se disipaba en la atmósfera bajo la forma de calor cuando esas materias ardían. La prueba de ello era que la actualización del fuego traía consigo el que las cenizas quedaran privadas del azufre principio y, por tanto, no pudieran ya inflamarse. Stahl introdujo una nueva idea según la cual lo que se perdía en la atmósfera durante la combustión era el flogisto, una sustancia real que podía transferirse de un mixto a otro. El flogisto, concebido como materia y principio del fuego, pero no el fuego mismo, se hallaba contenido en todos los cuerpos combustibles y en los metales. El producto de la combustión podía restaurarse, reconvertirse en la sustancia original, si se le añadía flogisto proveniente de cualquier material que lo contuviera: aceite, carbón, hollín. El flogisto podía presentarse como materia del fuego bajo la forma de una sustancia terrosa seca (hollín por ejemplo), como principio grasoso (en el azufre, los aceites, las grasas y las resinas) o como partículas invisibles emitidas por una vela ardiendo. Se hallaba contenido en cuerpos animales, vegetales y minerales y era el mismo para todos ellos.

⁸⁹ Traducido al francés por d'Holbach, en 1766, como *Traité du Soufre*.

⁹⁰ Stahl, 1716, *Zufällige Gedanken und nützliche Bedencken...*, en <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/stahl.html>

A la luz de esta noción Stahl explicó entonces que, durante la fundición, un mineral calentado con carbón se transformaba en metal porque el flogisto pasaba del carbón al mineral. La calcinación recibió una explicación similar: cuando un metal se calentaba en presencia de aire se convertía en polvo, *calx*,⁹¹ debido a que perdía flogisto. La combustión proseguía sólo hasta cierto punto en presencia de una cantidad limitada de aire ya que este sólo podía aceptar una determinada cantidad del flogisto liberado por la sustancia en combustión. La respiración también liberaba flogisto y de ahí que cesara y la vida animal se extinguiera cuando la cantidad de aire era limitada. Asimismo el flogisto era lo que hacía cáusticos a los álcalis: al calentar a altas temperaturas la piedra caliza, la sosa y la potasa estas se transformaban en cal viva, sosa cáustica y potasa cáustica a causa de que recogían flogisto del fuego. Y si estos cáusticos se mantenían en contenedores abiertos a temperatura ambiente se suavizaban y perdían su potencia porque su flogisto era liberado al aire. Un ejemplo del intercambio de flogisto era la combustión del azufre y su posterior recuperación mediante el tratamiento con sal de tártaro (carbonato de potasio): en este proceso, al arder, el azufre producía ácido universal o vitriólico (ácido sulfúrico) y flogisto; cuando al ácido universal se le añadía sal de tártaro daba lugar a “tártaro vitriolado” y este, finalmente, al añadirsele carbón, producía nuevamente azufre junto con sal de tártaro. Se trataba de una transacción cíclica que confirmaba la creencia de Stahl en que el azufre era un mixto, formado por flogisto y por el principio de acidez, el ácido universal presente en todos los ácidos. Este ácido universal era a su vez un mixto formado por tierra vítrea y por agua.



⁹¹ Cal: "Denominación genérica para los óxidos de metal o para los productos que resultan de la acción del fuego en la materia mineral (*calx* en latín)", Priesner Claus y Figalina Karin (eds.), **Alquimia, Enciclopedia de una ciencia hermética**, Herder, Barcelona, 2001, p. 134.

La teoría del flogisto así articulada por Stahl constituyó un éxito, entre otras razones porque los químicos le encontraron utilidad práctica en la medida en que ofrecía un recuento comprehensivo y unificado de fenómenos que, como la fundición, la calcinación, la combustión y la alcalinidad, hasta entonces no parecían estar relacionados. Por otro lado, su rechazo parcial pero explícito de la visión física y matemática de la naturaleza y su defensa de una filosofía vitalista, en la cual sobresalían las analogías con lo orgánico, se vinculaba más a las tradiciones de siglos anteriores que con trabajos inspirados en el newtonismo, lo cual atraía a químicos conservadores formados en las teorías más antiguas. Finalmente, precisamente en virtud de que aceptaba tesis corpuscularistas para el caso de la materia no viva, su trabajo era susceptible de interpretaciones newtonianas y positivistas al mismo tiempo.

Una de las características sobresalientes de su teoría era, en todo caso, que Stahl aceptaba definitivamente los elementos como portadores de propiedades. Al situar la causa del color en el flogisto, su teoría permitía relacionar los colores de sustancias particulares con su combustibilidad relativa (que como vimos también era causada por el flogisto) y con ello ofrecer una promesa de explicaciones útiles para una amplia serie de fenómenos químicos. Sus elementos-principios, la tierra vítrea, la tierra azufrosa, la tierra mercurial y el agua, ofrecían bases materiales claras para toda cualidad química fundamental y recurrente. Y es que desde este punto de vista se podían equiparar cada uno de los casos de caracteres salinos con la presencia de una tierra vítrea específica, o cada observación de inflamabilidad con una tierra azufrosa, lo que le otorgaba a la química un poder explicativo más amplio y convincente. Esto aseguró que la teoría del flogisto tuviera una amplia recepción entre químicos posteriores. Mientras que el trabajo de Newton sugería a los químicos newtonianos que existía un profundo abismo entre los elementos químicos y los átomos, la visión de Stahl permitía dejar de lado este problema y concentrarse en las sustancias químicas conocidas. Así, contrastaba con afirmaciones como la de William Cullen, quien (como vimos) en 1762 sostenía que la doctrina de los elementos era inútil y dañina.

La postura de Cullen revelaba una actitud que, aunque se hallaba en total acuerdo con la teoría de la materia newtoniana, carecía de utilidad para la química y era diametralmente opuesta a la que se desprendía de la teoría de Stahl. Gracias a esta —que permitía la deducción de las propiedades que la experiencia revelaba en la mayoría de los cuerpos, sobre todo la combustibilidad, a partir de un pequeño número de especies de átomos elementales— la química pudo sistematizarse; y ahí donde las teorías de los cuatro elementos y las de los tres principios se

habían ocupado solamente de la composición química elemental de la materia, la teoría del flogisto podía explicar tanto la composición como los cambios químicos. En consecuencia pudo usarse para dar cuenta de y ordenar el amplio conocimiento que todavía en estado más o menos caótico se tenía ya para entonces acerca de las reacciones y procesos químicos.⁹²

Ahora bien: Stahl concibió el mecanismo, el movimiento de los corpúsculos, como la causa instrumental de una mezcla, atribuyendo al mismo tiempo a los átomos cualidades intrínsecas a cada uno de ellos. Estas cualidades, absolutas, eran fuerzas que les permitían a las partículas de materia escoger entre los otros átomos a los que se unirían para formar un mixto, y actuaban de manera similar a la forma en que el alma actuaba sobre el cuerpo. La teoría stahlina presentaba así una suerte de animismo, o por lo menos fuerzas parecidas a las que el animismo suponía, característica en virtud de la cual podía concordar fácilmente con las atracciones newtonianas.⁹³

Y es que si el objetivo principal de la teoría química era explicar las reacciones materiales observadas en el laboratorio tenía que dar cuenta de combinaciones, disoluciones, descomposiciones dobles, precipitaciones, etc., esto es, fenómenos para los que no bastaban las hipótesis acerca de las propiedades del agua y las tierras. Por tal motivo Stahl retomó el antiguo principio de las afinidades establecido por Paracelso, es decir, la atracción de lo semejante por lo semejante. Desde este punto de vista para que dos cuerpos pudieran combinarse era necesario que algunas de sus partes se parecieran, es decir, que hubiera en ambos partes cuyas propiedades fueran exactamente iguales. De este modo el rechazo stahlino de las ideas de Sylvius y Tachenius, que le otorgaban un rol dominante a las sales y explicaban las reacciones químicas como una oposición de contrarios, trajo consigo el volver a conceder un lugar a la analogía de sustancias con afinidad entre sí. Stahl sugirió en este marco que un ácido atacaba un metal debido a que tenían una composición semejante, esto es, a que la misma tierra era parte de la composición de ambos; el ácido nítrico, por ejemplo, atacaba los metales por medio del flogisto que ambos contenían. Y proporcionó un recuento bastante elaborado del orden de preferencia de los metales en su combinación con ácidos y álcalis. Cuando la noción de las afinidades así concebidas se impuso en diversas escuelas de la química, la doctrina stahlina y la newtoniana encontraron un punto de acuerdo común.

⁹² McKie Douglas, *op. cit.*, p. x.

⁹³ Metzger Hélène, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Albert Blanchard, Paris, 1930, p. 116.

De acuerdo con Zimmerman, químico seguidor de las ideas stahlianas, la teoría del flogisto formulaba del siguiente modo la regla de las afinidades: para que dos cuerpos puedan combinarse es necesario que se parezcan en alguna de sus partes; que haya en ambas partes cuyas propiedades sean exactamente las mismas. Era precisamente por estas partes homogéneas por donde comenzaban las disoluciones, las mezclas y combinaciones de los cuerpos.⁹⁴ Para este autor, Stahl había realizado numerosas observaciones que tendían a la demostración de este principio; aunque no se hallaba por el momento fuera de toda duda, permitía elucidar la composición de los reactivos de un modo mucho más adecuado que ningún otro procedimiento directo. Por lo tanto, constituía un poderoso medio de investigación. En este sentido, para la química stahlian, el conocimiento de las afinidades permitía investigar la composición de los cuerpos, prever sus reacciones y clasificarlos de acuerdo a su naturaleza.

La teoría del flogisto, por supuesto, no resolvía todos los problemas de la química. De acuerdo con ella, el coque y el carbón debían ser prácticamente flogisto puro, ya que al arder no dejaban nada excepto unas pocas cenizas; sin embargo, no eran alcalinos. Otro problema de esta teoría —muy conocido pero relevante sólo desde el punto de vista de la química moderna— lo constituía el peso del flogisto y es que desde este punto de vista quedaba sin explicar el hecho de que durante la calcinación se registraba no una pérdida de peso, sino un aumento. Los discípulos de Stahl veían el aumento de peso de los metales durante la calcinación como una anomalía aparente, de la cual, con el tiempo, una hipótesis auxiliar daría la razón con facilidad. Y aunque para los químicos del siglo XVIII los pesos eran importantes, al menos para una parte de ellos resultaban mucho menos fundamentales que las fuerzas de corto rango entre partículas sobre las cuales los seguidores de Newton pensaban que la química dependía en realidad.⁹⁵ A pesar de estos problemas, que se acentuarían sólo con el tiempo, la teoría del flogisto le dio a la química una estructura unificada que no sólo podía sugerir, sino que de hecho sugirió, una serie de experimentos que dieron lugar a importantes descubrimientos.⁹⁶ Simultáneamente, la teoría del flogisto fue objeto de una serie de modificaciones. En 1766, por ejemplo, Cavendish sugirió que el flogisto no era otra cosa que el aire inflamable (hidrógeno); Baumé, en 1777, sostuvo que el principio inflamable estaba formado por la materia del fuego unida a una tierra en diferentes

⁹⁴ Citado por Metzger, *op. cit.*, p. 146.

⁹⁵ Ver Thackray, *op. cit.*

⁹⁶ Salzberg, *op. cit.*

proporciones y en 1779 Macquer identificó el flogisto con la materia de la luz. En 1772 Guyton de Morveau afirmó que el flogisto debía ser más ligero que el aire y Venel, veinte años antes, le atribuyó peso negativo.⁹⁷

En Francia, particularmente, el desarrollo seguido por la química fue consecuencia tanto de la influencia de las ideas de Stahl como de las de Newton. La importancia que se le otorgaba a la doctrina stahliana es visible en los cursos que Rouelle dictó en el *Jardin du Roi* en la primera mitad del siglo XVIII y en la postura anti-newtoniana adoptada por Venel a mediados de ese mismo siglo. Guillaume-François Rouelle (1703-1770) introdujo una nueva teoría de las sales —desde la cual estas no eran ni variaciones de la sal principio de Paracelso ni combinaciones de agua y una de las tierras como Stahl pensaba— y una nueva clasificación de estas sustancias, basada en la forma de sus cristales y en los ácidos y bases a partir de los cuales se preparaban. De la química stahliana retomó la insistencia en la existencia de entidades y procesos específicamente químicos, es decir, subrayó la existencia de un dominio propio de la química. Además Rouelle fue el principal responsable de la difusión de la teoría del flogisto entre los químicos franceses, pero de esta teoría enfatizó la idea, proveniente en parte de Boerhaave y de Stahl, de que los elementos tradicionales podían funcionar o bien como elementos químicos o bien como instrumentos físicos. En consecuencia, en contraste con Stahl que había pensando que el aire y el fuego eran meros instrumentos, Rouelle identificó al flogisto no con una tierra, sino con el elemento fuego, entendido como agente o instrumento físico —que rarificaba los cuerpos— y a la vez como elemento químico —el flogisto que era parte química constitutiva de los metales o de la materia combustible. Análogamente, aceptaba la demostración de Hales de que el aire podía actuar químicamente, así que, en resumen, cualquiera de los cuatro elementos podía existir en estado fijo o en estado libre para él.⁹⁸ La teoría del flogisto así entendida, y sobre todo la concepción del fuego, tendrán una influencia directa en Buffon, a pesar de que este autor criticó severamente la noción de flogisto.

Gabriel François Venel (1703-1775), alumno de Rouelle, insistió en su artículo “Chymie” para la *Encyclopédie* (1753) en que la química debía ocuparse de las cualidades y la naturaleza

⁹⁷ Partington, *op. cit.*

⁹⁸ Ver Brock, *op. cit.*, p. 24.

interior de los cuerpos, terreno en el cual —a diferencia de lo que ocurría con las enseñanzas de Stahl— la física newtoniana no tenía nada que ofrecer.⁹⁹ De hecho, desde una postura fuertemente antirreduccionista, alentaba a sus lectores a rechazar las hipótesis filosóficas acerca de la naturaleza de la composición química: el destino de la química no era el de ser reducida a los principios de la filosofía natural.¹⁰⁰ En otro de sus artículos para la *Enciclopedia* (“Menstrues”) Venel abordó la cuestión de las afinidades, acerca de las cuales, como dijimos antes, adoptaba una posición escéptica. Ello no le impedía sin embargo sostener la existencia de fuerzas de afinidad, cualquier cosa que estas fueran. El trabajo del químico, afirmaba en esta obra, consistía en acercar entre sí los cuerpos “miscibles”, esto es, los cuerpos que tenían entre ellos una afinidad natural, una “tendencia a la unión” en mixtos. Los cuerpos, en este contexto, eran concebidos por Venel como “agregados”, enjambres de partículas unidos por cierta fuerza. En su artículo “Chymie” subrayaba:

Les actions mutuelles des corpuscules ne sont proportionnelles à aucune de ces qualités; tout ce que les dernières éprouvent les unes par rapport aux autres, se réduit à leur union & à leur séparation aggregative, à leur mixtion, à leur décomposition, & aux phénomènes de ces affections [...]. Ces actions dépendent des qualités intérieures des corpuscules, parmi lesquelles l'homogénéité & l'hétérogénéité méritent la première considération, comme conditions essentielles: car l'aggrégation n'a lieu qu'entre des substances homogènes [...]; l'hétérogénéité des principes au contraire est essentielle à l'union *mixtive*.¹⁰¹

Al igual que Rouelle, Venel aceptaba el trabajo de Hales y argumentaba en este sentido que las aguas minerales naturales eran combinaciones químicas de agua y aire y que las reacciones del aire debían subsumirse bajo las leyes de afinidad.¹⁰²

A pesar de las posturas antirreduccionistas de Rouelle y de Venel, y del escepticismo inicial de Macquer, hay quien lee en la obra de estos autores influencias newtonianas, en virtud de las cuales fueron conducidos a intentar una suerte de fusión entre la visión corpuscular dinámica y las explicaciones químicas más pragmáticas de Stahl. Aunque esta afirmación puede cuestionarse para los dos primeros autores, el caso de Macquer es distinto. En *Éléments de Chymie Théorique* (1749) Macquer afirmaba que las explicaciones de corte físico carecían de utilidad química y esto lo condujo, en la práctica, a transitar cuidadosamente por una línea situada entre los puntos de vista newtonianos y los stahlianos; y aunque todavía en 1766 —en su *Dictionnaire de Chymie*—

⁹⁹ Ver Venel, *op. cit.*, pp 408-409.

¹⁰⁰ Ver Golinski Jan, “Chemistry” [To appear in *The Cambridge History of Science*, vol. 4, *Science in the Eighteenth Century*, ed. Roy Porter, Cambridge University Press, 2001] en www.unh.edu/history/golinsky.

¹⁰¹ Venel, *op. cit.*, p. 413.

¹⁰² Venel, *op. cit.*, p. 414.

subrayaba que la causa de la afinidad era desconocida luego sería conquistado por la posición de Buffon. En cualquier caso, por lo pronto, siguiendo en parte la doctrina de Stahl, le parecía suficiente en tanto que químico el llegar a la tierra, el aire, el fuego y el agua, es decir, a los cuatro elementos tradicionales. Al mismo tiempo, y fiel a una tradición que venía por lo menos desde Lémery, admitía que “il y ait lieu de croire que ces substances ne sont pas effectivement les parties primordiales de la matière, & les élémens les plus simples”.¹⁰³

La publicación del libro de texto de Macquer, trajo consigo, por otro lado, el que se reavivara el interés por las tablas de afinidades, interés que se había apagado en Francia luego de la tabla de Geoffroy.¹⁰⁴ Entre la tabla de Geoffroy de 1718 y 1750 solamente se habían publicado otras dos, pero en la década de 1750 se publicaron tres, en la de 1760 cuatro y en 1770 cinco. En este momento, no sólo las creencias newtonianas en torno a la reacción química no eran incompatibles con las fuerzas de corte animista postuladas por Stahl, sino que, además, los químicos formados en la doctrina stahlina carecían de los prejuicios en contra de la atracción que tenían los cartesianos ortodoxos. De este modo, muchos químicos prácticos mezclaron las ideas newtonianas y las de Stahl en torno a la reactividad: la investigación inicial, de índole cualitativa, podía llevarse a cabo a la luz de cualquiera de ambas posiciones. Y ni siquiera cuando el énfasis recayera en la cuantificación de fuerzas de afinidad se desarrollaría la división; uno de los defensores más fervientes de la teoría del flogisto, Guyton, sería al mismo tiempo responsable de realizar esfuerzos en torno a la cuantificación.¹⁰⁵

En relación a Buffon lo más importante de la teoría del flogisto es su predominio en la química francesa, no necesariamente en conflicto, y a veces incluso en armonía, con el newtonismo de algunos pensadores franceses. Rouelle, influido por Stahl pero también por Boerhaave, presentó en ese marco una nueva teoría de los cuatro elementos, ahora considerados instrumentos del cambio químico y constituyentes a la vez. Justamente este es el punto de vista que Buffon va a retomar. Asimismo, Rouelle identificó el fuego y el flogisto, y aunque Buffon rechazaría el uso de este término, su idea de fuego fijo tiene como origen las enseñanzas de Stahl y Rouelle. Sin

¹⁰³ Macquer, *Éléments de Chymie Théorique*, Paris, 1749, p. 2.

¹⁰⁴ Levere, *op. cit.*

¹⁰⁵ Acerca de la teoría del flogisto ver asimismo Donovan, “Newton and Lavoisier”, *op. cit.* y Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*

embargo, hay una diferencia que la obra de Buffon mismo se encarga de enfatizar: la concepción entera de los elementos y de las afinidades se presentará en lenguaje decididamente newtoniano.

3.7 Buffon

En los textos químicos de Buffon se refleja, a veces de manera implícita, a veces de manera abierta, la continuidad que caracteriza a la historia de la química. Muchos de las nociones que se han examinado hasta ahora, aparecerán de nuevo en las concepciones de Buffon. En primer lugar destaca la historia natural renovada que este autor se propone construir —al interior de la cual se sitúa su propuesta química—, historia natural con ambiciones explicativas que no la distinguen ya de una filosofía natural totalizante, y en la que la naturaleza, concebida como agencia activa, con fuerzas propias, tiene un papel fundamental. En esta concepción de la naturaleza pueden rastrearse influencias de la visión paracelsiana de la naturaleza, nociones de la cual subsistirán en la tradición química francesa que postulaba un sistema de cinco principios. El mecanicismo no rompió totalmente con este punto de vista; antes bien, tradujo a lenguaje corpuscular nociones que eran parte de esa tradición influida por la iatroquímica. Sin embargo, la perspectiva corpuscularista le concedió también un lugar central a la figura de las partículas; como veremos un poco más adelante, tal figura resultará central en el proyecto buffoniano de cuantificar las afinidades. Este proyecto, que debemos situar en el marco proporcionado por la teoría de fuerzas entre partículas cuyo creador fue Newton, estableció en Francia una alianza con la teoría del flogisto. Esta combinación trajo consigo a su vez, gracias a la mediación de Boerhaave, una teoría renovada de los cuatro elementos, postulada por Rouelle, de la cual la propuesta química de Buffon es heredera directa. Pero Buffon, influido por otro lado por una serie de autores que intentaron construir una química sobre bases newtonianas, le superpondrá a la nueva teoría de los cuatro elementos una propuesta de cuantificación de las afinidades. La química buffoniana así situada, se caracteriza por una defensa apasionada de la validez universal de la ley del cuadrado inverso, por una visión de los elementos que combina nociones tradicionales y nociones más novedosas y porque le proporcionó impulso a una escuela química que creyó estar muy cerca de la tan deseada cuantificación de las afinidades.

3.7.1 La ley del cuadrado inverso

En Francia los químicos más conservadores, como Demachy y Venel, ambos alumnos de Rouelle, insistían todavía en 1765 en que la afinidad o los *rappports* eran solamente palabras, términos que indicaban la capacidad que tenían ciertas sustancias de unirse químicamente, sin importar la causa. Se desalentaban de hecho las especulaciones en este sentido y, con actitudes de este tipo, algunos de los químicos pretendían establecer la autonomía de su ciencia y rechazar el dominio de los físicos.¹⁰⁶

Pero como señalamos las cosas estaban cambiando: en el terreno de la astronomía Newton había conquistado ya ese país y también en química comenzaba a aceptarse su influencia. El cambio de actitud en este último terreno se produjo gracias a la actividad de personajes que poseían un entrenamiento y antecedentes heterodoxos, es decir, autores cuya formación no se derivaba de la medicina o de la farmacéutica: Buffon y Guyton de Morveau.

Hacia 1777 Guyton sostenía, en sus *Éléments de Chymie, Théorique et Pratique*, que Buffon era el “Newton de Francia”; que había llegado más lejos que el autor de *Opticks* en lo referente a los mecanismos subyacentes de la afinidad química, que había restaurado la unidad de la naturaleza y que su apreciación de la universalidad de la ley de atracción marcaría la dirección que la teoría química seguiría.¹⁰⁷ Lo desmedido de este elogio, además de mostrar la estrecha relación que Buffon tenía con uno de los químicos de más renombre en ese momento, refleja un hecho seguro: la enorme influencia que tuvo la obra de Newton sobre el pensamiento buffoniano. En particular, las ideas de Buffon acerca de la luz provienen de las *Queries* y en general lo que ambos tienen en común es que pretendían ofrecer una explicación puramente física de fenómenos químicos y fisiológicos. Se trata de una actitud que, común a inicios del siglo XVIII, sostenía también Hales, la otra autoridad que con frecuencia citaba Buffon.¹⁰⁸

A pesar de que Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, no era químico, estaba muy interesado en la teoría química y, como defensor del concepto newtoniano de atracción, influyó

¹⁰⁶ Metzger, *op. cit.*, p. 89.

¹⁰⁷ Citado por Guerlac, *op. cit.*, p. 233.

¹⁰⁸ Roger Jaques, *Buffon, un philosophe au Jardin du Roi*, Fayard, Paris, 1989, p. 513.

profundamente en el desarrollo de la química francesa durante la segunda mitad del siglo XVIII.¹⁰⁹ Buffon fue miembro de una generación que puso en el centro de las doctrinas de la Ilustración al naturalismo filosófico y al newtonismo. En defensa de la visión newtoniana del mundo argumentaba que la evidencia experimental a favor de la atracción constituía garantía suficiente como para rechazar los modelos conceptuales del cartesianismo, así como para aceptar en su lugar los modelos conceptuales propuestos por los newtonianos —lo cual traería consigo, como veremos más adelante, una crítica formal a la teoría stahliana pero no un rechazo completo de las ideas de esta. Sin embargo sus aspiraciones correspondían a las de un filósofo natural —quizás todavía de corte cartesiano— y en este sentido pretendía construir un sistema comprensivo de las causas de los fenómenos naturales; en este marco, aunque no fue un experimentador muy arriesgado o innovador, sí elaboró especulaciones atrevidas. Simultáneamente, Buffon rechazó algunos aspectos de la visión newtoniana del mundo que tanto su autor como sus discípulos defendían y amplió sus tesis en formas diferentes. Por ejemplo, de manera definitiva y desde el comienzo, excluyó la teología, natural o revelada, y la teleología de la filosofía natural, pero —al mismo tiempo— el principio de atracción fue siempre el artículo central de su fe newtoniana y el que intentó aplicar tanto a sus investigaciones en torno a los seres vivos como a la química. La influencia de Buffon en este último campo deriva justamente de este fuerte compromiso con la aplicabilidad universal de la formulación precisa de Newton de la atracción gravitacional.

La primera manifestación pública de la adhesión de Buffon al newtonismo fue su traducción al francés de *Vegetable Staticks* en 1735; con ella comenzó su campaña en Francia a favor de las ideas newtonianas. En el prefacio alababa con prudencia a la experiencia, a Hales y a Newton y criticaba el método de las hipótesis:

J'avoue que rien ne serait si beau, que d'établir un seul principe, pour ensuite expliquer l'Univers; [mais] le système de la nature dépend peut-être de plusieurs principes, ces principes nous sont inconnus, leur combinaison ne l'est pas moins; comment ose-t-on se flatter de dévoiler ces mystères, sans autre guide que son imagination?¹¹⁰

Cinco años después, tradujo también el *Treatise on Fluxions* de Newton como muestra de que, en la disputa en torno a la prioridad de la invención del cálculo, él se hallaba firmemente del lado de

¹⁰⁹ Donovan Arthur, "Buffon, Lavoisier and the Transformation of French Chemistry" en Jean Gayon (ed.), **Buffon** 88, VRIN, Paris, 1992.

¹¹⁰ Buffon, "Préface" a *La Statique des Végétaux et l'Analyse de l'Air*, 1735, en **Œuvres Philosophiques de Buffon**, texte établi et présenté par Jean Pivetau, Presses Universitaires de France, Paris, 1954, p. 5.

Newton; de hecho, en el prefacio proclamaba a Newton como el verdadero inventor y acusaba a Leibniz de plagio. La firmeza de sus convicciones en este sentido volvió a salir a la luz cuando en 1745 A. C. Clairaut (1713-1765) sostuvo en un artículo para la *Académie des Sciences* que “para su sorpresa” sus cálculos indicaban que el periodo de apogeo de la luna poseía el doble del valor observado. A fin de reconciliar la teoría con la experimentación, Clairaut sugería entonces que la ley de fuerza gravitacional debía modificarse de modo tal que, para distancias astronómicas más cortas, la fuerza fuera mayor. La ley corregida así podría abarcar también fenómenos como la redondez de las gotas de fluido, la ascensión de líquidos en tubos capilares, etc.¹¹¹

En un momento en que las doctrinas de Newton eran ya aceptadas en Francia, Buffon se rehusó a considerar la posibilidad de modificar la ley de gravedad en un tono que Hanks califica de dogmático.¹¹² Aunque no intentó negar la validez de los cálculos de Clairaut, sostuvo que la anomalía aparente en el movimiento de la luna no constituía una razón suficiente para alterar la ley de la gravedad. Y es que la base principal de su argumentación era que la modificación en cuestión alteraba la simplicidad del sistema newtoniano.

On pourroit dire que la loi s'observant généralement dans toutes les autres planètes avec exactitude, un seul phénomène où cette même exactitude ne se trouve pas, ne doit détruire cette loi [...]. La supposition de M. Clairaut [...] détruit aussi l'unité de la loi sur laquelle est fondée la vérité & la belle simplicité du système du monde.¹¹³

Cuando Clairaut respondió que existían de hecho un gran número de fenómenos que seguían leyes diferentes a las del cuadrado inverso, Buffon publicó otro artículo en el que intentó demostrar que la ley de atracción en relación con la distancia sólo podía explicarse mediante un término único. Desde su punto de vista había razones de tipo metafísico, matemático y físico que coincidían en probar esa idea: la naturaleza, decía, es simple y la atracción es siempre, sin importar el volumen y la distancia de los cuerpos, ya sean infinitamente grandes o pequeños, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Esta polémica no llegó a conclusiones claras; aunque por un lado Clairaut encontró para 1749 que mediante cálculos adicionales el apogeo lunar se apegaba a la ley del cuadrado inverso, por otro siguió sosteniendo que el tipo de razones aducido por Buffon no

¹¹¹ Clairaut, citado por Thackray, *op. cit.*, p. 157.

¹¹² “A ce moment-là, les doctrines de Newton sont bien acceptées, mais seul Buffon leur confère la valeur d'un dogme, seul Buffon refuse de considérer, comme Clairaut, la possibilité de toucher à la forme de la loi d'attraction”, Hanks Lesley, *Buffon avant L' "Histoire Naturelle"*, Presses Universitaires de France, Paris, 1966, p. 91.

¹¹³ Buffon, “Réflexions sur la loi de l'attraction” (1745), en *Histoire naturelle, générale et particulière, Supplément, tome I*, Imprimerie Royale, Paris, 1774, pp. 128 y 134.

eran relevantes frente a la ley modificada, ley que él proponía a fin de reconciliar fenómenos astronómicos con fenómenos como la redondez de las gotas de agua.¹¹⁴ Sin embargo, esta discusión muestra que desde muy temprano en su carrera a Buffon le interesaba fuertemente “la simplicidad del sistema” y en ese sentido permite comprender su posterior insistencia en que la atracción química también debía explicarse por la ley del cuadrado inverso.

A pesar de sus cautas afirmaciones iniciales, la polémica con Clairaut indica que Buffon fue seducido desde muy temprano en su carrera por las posibilidades de unificación que la ley de la atracción universal ofrecía. Que para él tal unificación pudiera incluir también fenómenos químicos, no se hizo evidente sin embargo hasta unos veinte años después, en 1765, año en el que como introducción al volumen XIII de la *Histoire Naturelle* publicó su “Seconde vue”. Aquí presentó de hecho un programa de investigación química basado justamente en la aplicabilidad de la ley de la gravedad, sin modificaciones, a este terreno. Y, además, intentó llevar a cabo algo no menos ambicioso: reducir el universo material a un principio único. Esta última empresa suponía ante todo, en “Seconde vue”, una perspectiva totalizadora en la que el enfoque de lo general permitía aprehender a una naturaleza en equilibrio dinámico o, en palabras de Buffon, “fixe dans son tout & mobile dans chacune de ses parties”.¹¹⁵

Sobre ese equilibrio dinámico un año antes Buffon había explicado que “c’est du sein même du mouvement que naît l’équilibre des mondes & le repos de l’Univers”.¹¹⁶ Desde la perspectiva de lo general, decía, la naturaleza es un volumen inmenso de materia dividida en partes; existen miles de estrellas y, girando a su alrededor, millones de globos opacos. El motor que mueve esta estructura está conformado por dos fuerzas que actúan sobre esas grandes masas de manera constante y que aunque se oponen producen finalmente un equilibrio: se trata de la atracción y de la impulsión. En lo que se refiere a nuestro planeta encontramos tanto las fuerzas que “penetran” y mueven a los cuerpos “brutos”, como las que calientan y animan a los cuerpos vivos. En su *Seconde vue* Buffon desarrolló esta idea. Todas estas fuerzas, sostuvo, son penetrantes y en

¹¹⁴ La redondez de las gotas de agua era un problema importante debido a que se le explicaba como un fenómeno resultado de fuerzas de cohesión. La cuestión era pues si la cohesión respondía también a la ley del cuadrado inverso.

¹¹⁵ Buffon, *Seconde vue* (1765) en *Œuvres Philosophiques de Buffon*, texte établi et présenté par Jean Piveteau, Presses Universitaires de France, Paris, 1954, p. 36.

¹¹⁶ Buffon, *Première vue* (1764), en *Œuvres Philosophiques de Buffon*, *op. cit.*, p. 31.

particular las moléculas de luz penetran con su calor a toda la materia y, en ciertas condiciones, dan lugar a la vida. En lo que se refiere a los cuerpos inanimados, a la materia “bruta”,

Les loix d'affinité par lesquelles les parties constituantes de ces différentes substances se séparent des autres pour se réunir entre elles, & former des matières homogènes, sont les mêmes que la loi générale par laquelle tous les corps célestes agissent les uns sur les autres; elles s'exercent également & dans les mêmes rapports des masses & des distances.¹¹⁷

Una partícula de agua, de arena o de metal, explicó, actuaba sobre otra de la misma forma en que el globo terráqueo actuaba sobre la luna. Buffon reconocía, sin embargo, una diferencia entre estos dos casos: la ley de atracción en los cuerpos celestes no resultaba afectada por la figura de estos debido a que la distancia entre ellos era muy grande. En cambio, cuando la distancia era pequenísima o nula, la figura lo era “casi todo”. La ley de la gravedad no se alteraba nunca, pero cuando la figura “entre comme élément dans la distance” parecía variar a pesar de que en el fondo fuera la misma. Por el momento no se conocía la figura de las partículas de la materia; se sabía sólo que el agua, el aire, la tierra, los metales —esto es, las materias homogéneas— estaban compuestos de partículas parecidas entre sí. No obstante, “nuestros nietos” podrían apoyarse en el cálculo para conocer la figura aproximada de los corpúsculos si tomaban como punto de partida el siguiente principio: toda materia se atrae en razón inversa del cuadrado de la distancia, ley general que no pude variar para las atracciones particulares sino por el efecto de la figura de las partículas constituyentes de cada sustancia, pues esta figura entra como elemento en la distancia.

Newton a bien soupçonné que les affinités chimiques, qui ne sont autre chose que les attractions particulières dont nous venons de parler, se faisoient par des loix assez semblables à celles de la gravitation; mais il ne paroît pas avoir vu que toutes ces loix particulières n'étoient que de simples modifications de la loi générale, & qu'elles n'en paroissoient différentes que parce qu'à une très-petite distance la figure des atômes qui s'attirent, fait autant & plus que la masse pour l'expression de la loi, cette figure entrant alors pour beaucoup dans l'élément de la distance. C'est cependant à cette théorie que tient la connoissance intime de la composition des corps bruts.¹¹⁸

Esto suponía entre otras cosas que las partículas de la materia poseían un volumen y una figura determinada, ambos inmutables. El fondo de toda la materia era el mismo, añadía Buffon, y la forma —masa y volumen— sería también la misma si la figura de las partículas constituyentes fuera igual; lo que distinguía a una sustancia homogénea de otra era la figura de sus partes. El énfasis en la figura de los átomos —que recuerda, aunque un contexto nuevo, las propuestas de autores como

¹¹⁷ Buffon, *Seconde vue* (1765), en *Œuvres Philosophiques de Buffon*, *op. cit.*, p. 39.

¹¹⁸ *Ibidem*.

Lémery— le permitía a Buffon intentar dar cuenta de la diversidad y de las propiedades irreductibles observadas por el químico en el laboratorio. La reintroducción de las tesis corpuscularistas involucraba asimismo la suposición de que los átomos poseían extensión y de que su figura específica los caracterizaba en las reacciones químicas en donde, debido a las pequeñas distancias que separaban a los corpúsculos entre sí, la forma tenía gran importancia. De este modo, aunque Buffon se negara a aceptar variaciones para la ley de la gravedad, se vio obligado a admitirlas en lo concerniente a la figura de las partículas.

Pero la reintroducción de variedades por la puerta trasera no chocaba en absoluto con el afán sistematizador de Buffon. Al contrario, su posición ofrecía además de simplicidad lógica y de un fuerte atractivo, el aliciente intelectual de hacer que la reacción química y el resto de los fenómenos de corto rango obedecieran a la ley del cuadrado inverso de la distancia. Debido a ello, el énfasis buffoniano en la medición y el cálculo de las fuerzas químicas encontró una rápida respuesta entre los químicos continentales. Y así fue que la brillantez de la mecánica astronómica francesa se aunó a la influencia de los escritos de Buffon, y de su patronazgo, para hacer de Francia el sitio en donde con mayor tenacidad se intentó construir una ciencia cuantificada de las afinidades químicas.¹¹⁹ Se trataba de un programa de investigación que Buffon expuso en los siguientes términos: cuando “nos neveux” logren conocer mediante experimentos reiterados la ley de atracción de una sustancia particular, el cálculo les permitirá averiguar la figura de sus átomos. Por ejemplo, supongamos que al poner mercurio sobre un plano perfectamente pulido

on reconnoisse par des expériences que ce métal fluide s'attire toujours en raison inverse du cube de la distance, il faudra chercher par des règles de fausse position, quelle est la figure qui donne cette expression; & cette figure, sera celle des parties constituantes du vif-argent.¹²⁰

Esta sugerencia de que si se encontrara la ley de atracción de una sustancia determinada, como el mercurio, entonces se podría descubrir mediante ensayo y error, la forma atómica que ocasionaba ese resultado, abría la posibilidad de calcular las afinidades relativas.¹²¹

En contraste con la tendencia principal de la filosofía natural británica, Buffon poseía un enfoque simple, incluyente, de la naturaleza y de la importancia de la atracción química; y su afán totalizador, su intento de concebir a la actividad de la naturaleza como dependiente en el fondo de

¹¹⁹ Thackray, *op. cit.*, p. 159.

¹²⁰ Buffon, *Seconde Vue*, *op. cit.*, p. 39.

¹²¹ Levere, *op. cit.*, p. 17.

una sola ley, la de la gravedad, le permitía poner una gran confianza en su programa para la química. Al cabo de otra década, esta visión teórica sería ampliada y reforzada en el texto de 1774, “Des Élémens”, destinado a servir como introducción a la *Histoire des Minéraux*.

3.7.2 Los elementos

En “Des Élémens” Buffon comenzó exponiendo un tema que era esencial tanto para su visión de la naturaleza en general como para su concepción de la química en particular, el de las fuerzas naturales y su operación. Las fuerzas fundamentales de la naturaleza, aclaró, son dos: la fuerza de gravedad y la fuerza del calor. La impulsión, a la que había hecho alusión en *Seconde vue*, era una fuerza subordinada a esas dos fuerzas fundamentales en la medida en que se ejercía sólo por medio del resorte y este, a su vez, operaba sólo gracias a la atracción gravitacional. En otras palabras, la impulsión podía actuar únicamente con ayuda de la atracción. Ahora bien: el campo de actividad de la impulsión-resorte abarcaba sólo a los cuerpos brutos; el caso de los cuerpos organizados era distinto. En este dominio, la impulsión-atracción dependía de forma inmediata de la fuerza del calor.

Car c'est principalement par le moyen de la chaleur que l'impulsion pénètre dans les corps organisés; c'est par la chaleur qu'ils se forment, croissent et se développent. On peut rapporter à l'attraction seule tous les effets de la matière brute, et à cette même force d'attraction jointe à celle de la chaleur, tous les phénomènes de la matière vive.¹²²

Mientras que la materia viva se caracterizaba por el hecho de estar animada por una fuerza expansiva, el calor, la materia bruta estaba regida por una fuerza atractiva, la gravedad. Del mismo modo en que había delineado en *Seconde vue* un equilibrio dinámico indestructible entre atracción e impulsión, Buffon presentó aquí el balance entre atracción y calor como la acción de dos fuerzas diametralmente opuestas que se equilibraban sin destruirse y como un balance a partir del cual se originaban todos los fenómenos del universo. Pero a fin de completar este cuadro, Buffon avanzó un paso más: se trataba ahora de, siguiendo su fe newtoniana y las sugerencias de las *Queries*, reducir el calor a la atracción.

¹²² Buffon, *Introduction à l'Histoire des Minéraux*, “Des Élémens” (1774), en *Œuvres Complètes de Buffon*, Tome I, Furne et Cie., Paris, 1839, p. 498.

Ne pouvons-nous pas concevoir que cette attraction se change en répulsion toutes les fois que les corps s'approchent d'assez près pour éprouver un frottement ou un choc des uns contre les autres?¹²³

Y es que, explicó, la impenetrabilidad impedía siempre que dos cuerpos ocuparan el mismo lugar en el espacio, de modo tal que cuando dos moléculas se atraían recíprocamente y con una fuerza cada vez mayor en la medida en que se acercaban, se producía un choque en el que la resistencia se transformaba en fuerza reactiva; en virtud de esta, los cuerpos comenzaban a repelerse entonces con tanta velocidad como la que habían adquirido en el momento de tocarse —idea que recuerda a las de Boscovich pero que muestra también la influencia que tuvo sobre Buffon la obra de Hales. El resultado era una fuerza expansiva, repulsiva, concebida como efecto de la fuerza atractiva; en otras palabras, un enfoque desde el que todas las fuerzas de la materia dependían en última instancia de una sola fuerza primitiva, algo digno de la “sublime simplicidad” de la naturaleza.

Esta perspectiva le permitió a Buffon afirmar que la química de su época se hallaba en un estado de oscuridad, y que tal estado

vient en grande partie de ce qu'on en a peu généralisé les principes, & qu'on ne les a pas réunis à ceux de la haute physique. Les Chimistes ont adopté les affinités sans les comprendre, c'est-à-dire, sans entendre le rapport de la cause à l'effet, qui néanmoins n'est autre que celui de l'attraction universelle.¹²⁴

En otras palabras, la clave para el avance en química (a la que se concibe aquí como parte de la filosofía natural) se hallaba en su estrecha unión con la física newtoniana y en este sentido Buffon sostuvo nuevamente que

Toutes les petites loix des affinités chimiques, qui paroissent si variables, si différentes entr'elles, ne son cependant pas autres que la loi générale de l'attraction commune à toute la matière; [...] cette grande loi, toujours constante, toujours la même, ne paroît varier que par son expression, qui ne peut pas être la même lorsque la figure des corps entre comme élément dans leur distance. Avec cette nouvelle clef on pourra scruter les secrets les plus profonds de la Nature, on pourra parvenir à connoître la figure des parties primitives des différentes substances; assigner les loix & les degrés de leurs affinités; déterminer les formes qu'elles prendront en se réunissant, &c.¹²⁵

Mientras que el descubrimiento de los secretos más profundos de la naturaleza había sido siempre el objetivo de la filosofía química, a principios del siglo XVIII autores como Cheyne habían sostenido ya que la clave para alcanzar esta meta se hallaba en las tesis de Newton. Buffon, al

¹²³ Buffon, “Des Élémens”, *op. cit.*, p. 499.

¹²⁴ Buffon, “Des Élémens”, *op. cit.*, p. 520.

¹²⁵ *Ibidem*. De acuerdo con Duncan, esta sugerencia, aunque recuerda a las ideas de Freind y de Knight, debe más a la influencia directa de Limbourg (a quien más adelante abordaremos). Duncan, *op. cit.*, p. 89.

retomar estas ideas, puso el énfasis en el descubrimiento de las figuras peculiares de las partículas mismas y en la cuantificación de sus grados de afinidad. Ahora bien: el punto de partida que le proporcionaba su concepción de dos fuerzas fundamentales, la atractiva-gravitacional y la repulsiva-expansiva, le permitió hacer una exposición de los elementos en la que, de la misma manera, se mezclaban lo antiguo y lo nuevo. Encontramos así una detallada exposición de las características y propiedades de los cuatro elementos aristotélicos tradicionales basada en la idea newtoniana de que existía en el fondo solamente una materia única y la noción de transmutabilidad acompañada por las de fijación y volatilidad.

Tous les élémens sont convertibles. [...] Il n'existe en un mot qu'une seule force et une seule matière toujours prête à s'attirer ou à se repousser suivant les circonstances.¹²⁶

Así como en última instancia la fuerza del calor se reducía a la fuerza de atracción, la materia en el fondo era una sola y la misma para Buffon. Sin embargo, esta materia primigenia presentaba apariencias distintas dependiendo de su forma y de la intensidad de su actividad:

Dans la Nature, & sur-tout dans la matière brute, il n'y a d'êtres réels & primitifs que les quatre élémens, chacun de ces élémens peut se trouver en un état différent de mouvement ou de repos, de liberté ou de contrainte, d'action ou de résistance, &c.¹²⁷

Así, por ejemplo, la luz, el fuego y el calor estaban formados por los átomos más pequeños conocidos y, como resultado, constituían materia que “nous paraît être active par elle-même”¹²⁸; en otras palabras, formaban parte de la materia viva. En contraste, la tierra y el agua eran agregados más bastos, incapaces por sí mismos de adquirir fuerza expansiva a menos que sufrieran la acción del fuego. Esta caracterización de un tipo de materia como “activa por sí misma” sugiere la existencia de una materia pasiva; aunque no literal, se trata de una distinción implícita y que parece tener claras raíces estoicas. Y hasta qué punto el espíritu vital o pneuma y la luz-fuego-calor de Buffon son semejantes es algo que analizaremos más adelante. Por lo pronto, es importante notar su insistencia en que la tríada luz-fuego-calor no constituía una materia particular, diferente del resto; su especificidad residía solamente en la relación existente entre sus partículas, muy divididas, y en el consiguiente comportamiento de los corpúsculos, esto es, un movimiento de fuerte repulsión. Y es que la gran separación que había entre ellos los conducía a chocar unos contra otros con gran fuerza; de hecho, el calor, la luz y el fuego eran efectos de una fuerza expansiva

¹²⁶ Buffon, “Des Élémens”, *op. cit.*, p. 502.

¹²⁷ Buffon, “Du Soufre” en *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome II, Imprimerie Royale, Paris, 1783, p. 113.

¹²⁸ Buffon, “Des Élémens”, *op. cit.*, p. 498.

capaz de alcanzar toda su magnitud siempre que, ya fuera artificial o naturalmente, un cuerpo cualquiera se dividiera en partes pequeñísimas. La separación entre corpúsculos permitía que la atracción se ejerciera con mayor fuerza y que, por tanto, la repulsión entre ellos fuera proporcionalmente más intensa. De ahí se seguía que cualquier materia podía convertirse en luz, calor o fuego o bien que, a la inversa, la luz podía convertirse en cualquier otra materia en virtud de la atracción acumulada de sus partes. La fijación de una materia dependía de la fuerza atractiva; su volatilidad de la misma fuerza pero convertida en repulsión. Y ya en esta perspectiva, evidentemente, la fijeza y la volatilidad han devenido cualidades relativas; ninguna materia, decía Buffon, posee una fijeza absoluta o insuperable.

El aire, por su parte, poseía una naturaleza muy cercana a la del fuego. Era el “más fluido de todos los cuerpos” debido a que sus partículas poseían una figura tal que se tocaban sólo en un punto y porque, en consecuencia, lograba con la mayor facilidad adquirir un movimiento expansivo. El elemento aéreo podía hallarse en estado de fijeza o bien en estado de elasticidad total, pasando por todos los estados intermedios y justamente cuando no era totalmente elástico se solía hallar incorporado a la tierra y al agua. Esta última no sólo contenía aire, sino que podía convertirse en tal en virtud de un gran rarefacción, estableciéndose así el siguiente orden de conversión: el aire, al asimilarse al fuego, se transformaba en éste; el agua, rarificada por el calor, se convertía a su vez en un tipo de aire capaz de alimentar el fuego de la misma forma en que lo hacía el aire ordinario. Pero por otro lado el agua podía transformarse en sustancia terrestre mediante lo que Buffon llamaba el “filtro animal”; las conchillas eran, en este sentido, el resultado de ese proceso de conversión, verdaderas piedras que constituían el origen de toda la materia calcárea. En otras palabras, las sustancias calcáreas estaban formadas principalmente del agua y el aire contenidos en el agua y transformados por el cuerpo animal.

Finalmente, la verdadera tierra elemental, la que servía como base al resto de las sustancias —pues constituía sus partes fijas y era el último término al que todas podían reducirse— era una materia de naturaleza vítrea. Las sales, aunque podían concebirse como tierra soluble, no contenían agua en estado fijo y eran sobre todo aire y fuego en su forma fija. Estas sustancias se conocían bajo la denominación de ácidos o álcalis y el ácido más concentrado solía entenderse como tierra líquida; sin embargo tal liquidez era resultado de la cantidad de aire y fuego en él contenidos. Que los ácidos contenían una gran cantidad de aire y fuego fijos es mostrado por Buffon mediante una suerte de prueba operacional: el sabor, olor y color de estas sustancias no

podían ser efecto más que de la fuerza expansiva, esto es, de la luz, el calor y el fuego que actuaban sobre nuestros sentidos —prueba que nos recuerda una vez más a Lémery, quien argumentaba a favor de la forma puntiaguda de las partículas de ácido diciendo que causaban escozor en la lengua. Siguiendo su línea de análisis, Buffon afirmó que los ácidos y álcalis con más aire y fuego fijos eran los que al mismo tiempo poseían mayor sabor y mayor potencia, es decir, mayor capacidad de disolver otras sustancias y esta capacidad dependía de la cantidad de fuego contenida en un ácido, en primer lugar, y de la afinidad que sus partes acuosas y terrestres tuvieran con la sustancia a disolver en segundo lugar.

Aunque Buffon se permitió aquí especular en torno a la figura de las partículas del fuego y del aire, no lo hizo para el caso de la tierra y el agua; en todo caso parece notable el que una exposición en torno a la constitución de la materia en último cuarto del siglo XVIII se planteara en términos de los cuatro elementos aristotélicos. Sin embargo, no es así. A fines del siglo XVII se había producido en efecto un extenso abandono de la teoría aristotélica de los cuatro elementos y en lugar de ella se habían adoptado, como hemos intentado describir, diversas teorías: la de van Helmont con el agua como principio último, la de Becher —en donde se combinaba la tesis helmontiana con una teoría de tres elementos terrestres— y las numerosas perspectivas en que la *tria prima* paracelsiana se mezclaba con el aristotelismo para dar lugar a sistemas de cinco elementos. Pero exceptuando al aire (tema que nos ocupará en el siguiente capítulo), que quedó relegado al papel de agente físico o instrumento y que se halla ausente en estos sistemas, podemos discernir en estas diversas teorías a la tierra, el agua y el fuego, ya sea disfrazados o reconocidos explícitamente. Una vez bajo la influencia del corpuscularismo los antiguos cuatro elementos se transformaron en instrumentos; el sistema de Boerhaave es un ejemplo de ello. La tierra, el agua, el aire y el fuego fueron entendidos como agentes mecánicos que producían, sostenían o transferían el movimiento interno del que, desde ese punto de vista, dependía todo cambio químico en última instancia. Esto no significó negarle en todos los casos un papel estrictamente químico al agua o al fuego, pero ambos, junto con el aire, eran desde este enfoque los principales instrumentos del movimiento de las partículas. La tierra por su parte era a la vez un elemento y el principio de reposo y agregación. El aire y el agua eran *menstrua*, solventes, que tenían la propiedad de comunicar movimiento a los cuerpos. El fuego finalmente era el agente impulsor más violento, el instrumento verdaderamente activo —idea que se refleja de modo transparente en

parte de las reflexiones de Buffon. Al parecer con esta teoría instrumental autores como Stahl y Boerhaave intentaron darle a la química un fundamento físico; ofrecer una suerte de interpretación unificada que permitiera el enlace de su ciencia con la filosofía mecanicista. Ya con la influencia de Hales, se abrió la posibilidad de considerar que el aire sí jugaba un papel en las reacciones químicas y fue precisamente en este contexto que Buffon sostuvo la tesis de que todos los elementos, incluyendo al aire y al fuego, podían hallarse no sólo en estado libre, sino también en estado fijo. También bajo la influencia de Hales, Rouelle había sostenido que los cuatro elementos eran a la vez instrumentos y reactivos químicos. Así pues, las investigaciones de Hales en torno al aire fueron al menos en parte responsables del resurgimiento entre los químicos franceses de la teoría de los cuatro elementos. Así como el aire era un constituyente de la materia, quizás el fuego podría existir no sólo en estado libre, sino también en forma fija.¹²⁹

Que Buffon retomó conceptos provenientes de la teoría del flogisto se hace evidente en su concepción de los elementos, a pesar de las frecuentes críticas que hacía a las doctrinas stahlianas. Como parte de esta crítica, desarrollada entre otros sitios en “Du Soufre” de 1783 y orientada sobre todo a la falta de definición de la idea de flogisto, Buffon afirmó que en la naturaleza no había más seres reales y primitivos que la tierra, el agua, el aire y el fuego, cada uno de los cuales podía encontrarse en estado de movimiento o de reposo, de libertad o de restricción, de acción o de repulsión. Y si por un lado las nociones de fijeza y volatilidad encontraban su explicación en la interacción de fuerzas atractivas y repulsivas, por otro, no se puede negar que en sus consideraciones en torno al tema de los elementos Buffon apelaba también a la noción más antigua de acuerdo con la cual todos ellos se hallaban contenidos en todas las sustancias. Sus ideas acerca del azufre son un ejemplo de ello:

Le soufre quoiqu'entièrement composé de feu fixe & d'acide, n'en contient pas moins les quatre élémens, puisque l'eau, la terre & l'air se trouvent unis dans l'acide vitriolique, & que le feu même ne se fixe que par l'intermède de l'air.¹³⁰

La persistencia de nociones tradicionales en el pensamiento buffoniano es visible asimismo en “Des Élémens”, donde al tocar la cuestión de las afinidades en relación a la disolución sostuvo que la potencia de un disolvente sería mayor en la medida en que contuviera más fuego pero, también,

¹²⁹ Guerlac, *op. cit.*, p. 33.

¹³⁰ Buffon, “Du Soufre”, *op. cit.*, p. 121.

en la medida en que las partes acuosas y terrestres de una sal, por ejemplo, tuvieran mayor afinidad con las partes del mismo tipo contenidas en la sustancia a disolver. Si, por un lado,

Comme les degrés d'affinité dépendent absolument de la figure des parties intégrantes des corps, ils doivent, comme ces figures, varier à l'infini.¹³¹

y esta es una idea que se inserta en el marco de la defensa de la aplicabilidad universal de la ley de gravitación, por otro, las afinidades concebidas a la manera newtoniana encuentran aquí una suerte de tratamiento que recuerda a las ideas paracelsianas. Ciertamente el tratamiento de este tema era, ante todo, newtoniano y era en concordancia con ello que Buffon explicaba la disolución. Algunas sales, decía, podían tener una acción menor, mayor o nula sobre ciertas sustancias e, incluso, otras sales tenían efectos contrarios sobre otras sustancias. Aunque en todos los casos el principio activo, es decir, la potencia de disolución de una sal era la misma, al ejercerse sobre una sustancia que repelía al disolvente o que carecía de cierto grado de afinidad con él, tal potencia no se ejercía en la práctica. A la inversa, la sal “capturaba” con avidez a la sustancia en cuestión si encontraba suficiente afinidad con ella como para vencer su coherencia. En este caso lo que ocurría era que los principios activos del disolvente —aire y fuego— eran atraídos con mayor fuerza por la sustancia a disolver de lo que eran atraídos por su propios principios pasivos —tierra y agua— y, entonces, el aire y el fuego se separaban de la sal, penetraban la sustancia a disolver y la descomponían hasta el punto de permitir que obedeciera libremente a las fuerzas atractivas de la tierra y el agua del disolvente. El resultado final era una sustancia en la que los principios activos del disolvente se unían tan íntimamente con la materia disuelta que no podían separarse de ella, a menos que interviniera una tercera sustancia que tuviera con el mismo disolvente un grado todavía mayor de afinidad.

Buffon sostenía aquí que el primer autor en presentar a las afinidades como causa de las precipitaciones químicas había sido Newton, a continuación de quien Stahl había adoptado la idea y la había transmitido a todos los químicos. Pero ninguno de los dos, añadió, advirtió que todas las afinidades, aparentemente tan diferentes entre sí, eran en el fondo únicamente efectos particulares de la fuerza de atracción universal:

Il n'y a réellement qu'une seule loi d'affinité, loi qui est exactement la même que celle de l'attraction universelle.¹³²

¹³¹ Buffon, “Des Éléments”, *op. cit.*, p. 532.

¹³² Buffon, “Des Éléments”, *op. cit.*, p. 533.

Sin embargo hay que notar que cuando al principio de su exposición Buffon tocó el tema del fuego y del aire e insistió en la cercanía de sus naturalezas, había subrayado dos semejanzas entre ambos, esto es, su capacidad similar —debida a las figuras de sus partículas— de adquirir movimiento expansivo y su carácter activo, que contrastaba con las naturalezas de la tierra y del agua. La semejanza en cuestión tenía una importante implicación: la de que, de entre todas las sustancias, el aire fuera la que el fuego pudiera apropiarse más fácil e íntimamente. Y con esto Buffon pareciera estar intentando —en términos de la figura de los átomos y de su movimiento producto de fuerzas atractivas y expansivas— dar cuenta de las afinidades tal y como Paracelso y Stahl las habían concebido, es decir, como semejanzas o identidades fundamentales que permitían explicar las combinaciones químicas. Si no es con base en este tipo de semejanzas resulta difícil, de hecho, explicar la fuerte afinidad que para Buffon existía entre los principios activos del ácido y su soluto.

3.7.3 *Macquer y Guyton*

Ahora bien, al margen del patrocinio de Buffon y de su firme defensa de la ley del cuadrado inverso, se habían producido ya con anterioridad en Francia intentos de equiparar las fuerzas de afinidad con la de atracción. Probablemente estimulada por los trabajos de Macquer, la Academia de Rouen propuso como tema para el concurso de 1758 “Déterminer les affinités qui se trouvent entre les principaux mixtes, ainsi que l’a commencé M. Geoffroy: et trouver un système physico-chimique de ses affinités”. El premio se dividió entre G. L. Lesage y Jean Philippe de Limbourg, alumno de Rouelle. Lesage (1724-1803) era un físico matemático que intentaba explicar problemas químicos con base en los principios de la mecánica; sostuvo que la combinación química era un ejemplo del hecho de que los cuerpos tendían a ocupar el volumen más pequeño posible.¹³³ Limbourg (1726-1811) por su parte afirmaba, en contraste con las enseñanzas de Stahl, que la afinidad no podía explicarse mediante una “identidad de principios” entre las sustancias que se combinaban, ni tampoco en virtud de la acción de alguna instrumentalidad mecánica. La causa principal de la afinidad, señalaba, era la fuerza de atracción, pues la similitud intervenía sólo como “semejanza de las partes”, es decir, como correspondencia en tamaño o forma corpuscular o en la disposición de las partes. Esta semejanza permitía que los cuerpos se aproximaran entre sí lo suficiente como para que se ejercieran las fuerzas atractivas de corto rango, fuerzas idénticas a la

¹³³ Duncan, *op. cit.*, p. 95.

atracción de la que hablaban los físicos y diferentes de ella sólo en grado. La tesis de Buffon de que a distancias muy pequeñas la forma de los corpúsculos modificaba el efecto de la ley del inverso cuadrado, recuerda a las ideas de Freind y de Knight, pero también las de Limbourg.¹³⁴

Desde su puesto como intendente del *Jardin du Roi* Buffon fue capaz de ejercer una marcada influencia en los nombramientos que se hacían a la recién nacida clase de maestros profesionales y científicos investigadores. No fue un accidente que los dos químicos franceses que más completamente compartían su visión, Macquer y Guyton de Morveau, debieran también mucho a su respaldo. Macquer fue adoptando lentamente las ideas de Buffon; desde su postura en 1749 en la que prevalece una suerte de ambigüedad —y que permite ver influencias tanto stahlianas como newtonianas en su trabajo—, pasando por la edición de 1766 de su *Dictionnaire de Chymie* en la que todavía aparecía escéptico respecto a las causas de las afinidades, este químico francés llegaría a una postura mucho más cercana a la de Buffon. En *Éléments de Chymie Théorique* de 1749, había sido, como dijimos antes, el primero en situar una discusión de las afinidades en el centro de una exposición de teoría química.¹³⁵ Y aunque se negaba a especular en torno a la causa de las afinidades, adoptaba ya una teoría de la constitución de las sustancias químicas bastante cercana a la de Newton. Afirmaba, por ejemplo, que las entidades subyacentes eran de dos tipos, partículas constituyentes y moléculas o partículas integrantes; las primeras de ellas eran las que se combinaban y separaban de acuerdo con las leyes de afinidad química. Macquer no creía que existieran diversos tipos de afinidad; si los químicos habían hecho una distinción en este sentido era solamente para hacer notar de forma detallada las diferentes combinaciones y separaciones que la afinidad producía en las operaciones más generales e importantes de la química. Macquer consideraba ya en esta época que todos los fenómenos químicos eran resultado de una sola y la misma ley, la de atracción universal, y que sobre ese principio tarde o temprano la química recaería algún día.¹³⁶ La diferencia con la actitud de Buffon radicaba en ese momento en que la ley de atracción no era para Macquer una certidumbre, sino

¹³⁴ Duncan, *op. cit.*, p. 89.

¹³⁵ Macquer, *Éléments de Chymie Théorique*, Paris, 1749, pp. 20 y siguientes.

¹³⁶ Ver Metzger, *op. cit.*, pp. 59 y siguientes.

un ideal hacia el cual debían tender los esfuerzos del investigador; un objetivo que, por otro lado, no había certeza de alcanzar.¹³⁷

Pero la actitud de Macquer con respecto a la afinidad cambiaría y entre las razones que motivaron este cambio pueden nombrarse el hecho de que se acercara a Buffon y aceptara su patrocinio. Así, para 1766 —el mismo año de la publicación de la *Seconde vue*— declaró que era “probable” que la gravedad de las partes constituyentes de las sustancias fuera la causa de la acción de unas sobre otras, adhiriéndose aparentemente a la creencia buffoniana en que la fuerza de atracción y la fuerza de afinidad química eran la misma.

Esta declaración constituyó quizás la primera por parte de un químico practicante de primer nivel a favor de la visión newtoniana de una química cuantificada.¹³⁸ Sin embargo, Macquer subrayaba simultáneamente que todavía quedaba mucho por hacer, principalmente a cargo de personajes preparados tanto en química como en matemáticas. Y añadía, en consonancia con las ambiciones totalizantes que desde siempre habían caracterizado a la filosofía química, que la cuantificación de las fuerzas de afinidad era la clave de los fenómenos más ocultos de la química y por tanto de toda la filosofía natural. En 1778, año en que se reeditó su *Dictionnaire*, mostraría que finalmente había sido conquistado por las explicaciones buffonianas al añadir, en una nota de pie de página, que no existían leyes especiales para la afinidad. Sus efectos estaban determinados por la ley más comprehensiva y general, la ley de la gravedad.¹³⁹

Había además otro tema en el que Macquer y Buffon coincidían. El primero de ellos creía firmemente que Hales había proporcionado la prueba irrefutable de el que aire era un constituyente común de la materia y pensó que esto era una evidencia de que la química estaba retornado a los cuatro elementos aristotélicos: había muy pocas dudas, decía, respecto a que la tierra, el agua y el fuego también entraban como principios en la composición de los cuerpos.¹⁴⁰

Guyton de Morveau (1737-1816) era justamente el investigador con entrenamiento en química y matemáticas que según Macquer se requería. En 1772 publicó *Digressions Académiques*, en donde aplicaba la teoría atraccionista buffoniana a problemas de química como la solución y la cristalización. Colaboró con Buffon en la redacción de la introducción a la *Historie*

¹³⁷ Macquer, *Dictionnaire de Chymie*, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 61.

¹³⁸ Ver Thackray, *op. cit.*, p 210-.

¹³⁹ Macquer, *Dictionnaire de Chymie*, 1778, citado por Levere, *op. cit.*, p. 17.

¹⁴⁰ Ver Guerlac, *Lavoisier-The Crucial Year*, Cornell University Press, 1961, p. 33 y siguientes.

Naturelle des Minéraux de 1774 y en 1775 tradujo al francés *Disquisito de Attractionibus Electivis* de Bergman, constituyéndose así en el experto reconocido de la teoría de la afinidades en Francia.¹⁴¹ En el artículo que sobre este tema escribió para el *Supplément à l'Encyclopédie*, en 1776, demostró claramente su adhesión a la tradición newtoniana iniciada por Freind y Keill, pero también a las ideas de Buffon:

C'est à M. de Buffon que l'on doit cette belle idée qui démontre en quelque sorte ce qu'elle explique, qui indique la route à suivre pour parvenir à calculer les affinités comme la marche des astres, qui ouvre une carrière immense de connoissances nouvelles dans la détermination des figures des parties constituantes.¹⁴²

Al año siguiente Guyton publicó *sus Éléments de Chymie, Théorique et Pratique* en donde comenzaba haciendo una historia de la teoría de las afinidades, para luego discutir entre otras cosas el trabajo de Newton, Taylor y Desaguliers y la controversia entre Clairaut y Buffon. El hecho de calificar a este último como el “Newton de Francia” —como un autor que, además, había ido más lejos que el propio Newton en lo concerniente a la afinidad química, había restaurado la unidad de la naturaleza y cuya apreciación de la universalidad de la ley de la atracción constituiría a partir de ese momento la “brújula” en teoría química¹⁴³— muestra no sólo su entusiasmo por las visiones de Buffon, sino también su creencia en que la química debía seguir la ruta de la astronomía newtoniana. Guyton realizó también una serie de investigaciones de laboratorio durante el curso de las cuales diseñó un método para cuantificar las fuerzas atractivas de corto rango. Su idea era que la observación de las fuerzas aparentes entre los cuerpos, aunada a la tesis de que de hecho sólo existía una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, permitiría con el tiempo demostrar rigurosamente qué tipo de forma debían tener necesariamente los elementos. Las heterogeneidades, meramente aparentes, que eran objeto de la química debían entenderse como resultado de la diversidad de figuras corpusculares, pero esta figura no era un mero agente mecánico, sino la causa inmediata de una atracción mayor o menor.¹⁴⁴

A fin de que un cuerpo se disolviera en un fluido se requería que se dividiera en corpúsculos muy pequeños, y además que las figuras y volúmenes de las partículas del solvente y del soluble poseyeran algún tipo de “conveniencia” entre ellos: que hubiera “equiponderancia”, esto es, una

¹⁴¹ Ver Guerlac, “The Background to Dalton’s Atomic Theory”, *op. cit.*

¹⁴² Guyton de Morveau, “Affinité”, en *Supplément à l'Encyclopédie*, tome premier, Ámsterdam, 1776.

¹⁴³ Ver Guerlac, *op. cit.*

¹⁴⁴ Guyton, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 63.

relación exacta de gravitación entre las sustancias. Si el equilibrio se rompía por cualquier razón tenía lugar una precipitación o una cristalización. Esta idea recuerda a las que Stahl sostenía a este respecto.

3.7.4 *El fin de una era*

El concepto newtoniano de fuerzas atractivas y repulsivas entre las partículas tuvo un gran efecto en el curso de la química. Si por un lado condujo a sistemas especulativos, por otro también produjo esfuerzos de cuantificación; parte de los químicos de la Ilustración, hechizados por el enorme éxito de la mecánica celeste newtoniana, intentaron llevar a cabo una cuantificación similar a la de este último campo para los mecanismos de fuerza químicos. En este marco podemos situar las ideas químicas de Buffon. Cuando este propuso que la figura de los átomos era fundamental estaba de hecho estableciendo un puente conceptual entre la teoría de la gravedad y la teoría química de las atracciones electivas; y aunque también Macquer se adhirió al punto de vista buffoniano, su discípulo más capaz y dispuesto fue Guyton de Morveau.¹⁴⁵ Asimismo, Bergman consideró la interpretación de Buffon muy plausible y la apoyó con evidencia independiente, en este caso proveniente de la cristalografía, en el sentido de que las partículas de los cuerpos tenían formas definidas e invariables. Como resultado de multitud de experimentos, Bergman obtuvo la convicción de que además existía un orden constante de afinidades. Esto le permitió vislumbrar, a él también, la posibilidad de desentrañar los más profundos misterios de la naturaleza.

Will [this order] not, when one ascertained by experience, serve as key to unlock the innermost sanctuaries of nature, and to solve the most difficult problems, whether analytical or synthetical? I maintain, therefore, not only that the doctrine deserves to be cultivated, but that the whole of chemistry rests upon it, as upon a solid foundation.¹⁴⁶

Así pues, las *Queries* de Newton marcaron la química por más de un siglo. En Inglaterra desde los primeros escritos de Keill, Freind y Hales, los escritores ingleses apelaron continuamente a la explicación atómica newtoniana de los procesos químicos. En el continente, y especialmente en Francia, la cuantificación parecía una empresa destinada a fructificar.¹⁴⁷

¹⁴⁵ Donovan, "Buffon, Lavoisier and the Transformation of French Chemistry", en Gayon Jean (ed.), **Buffon 88**, VRIN, Paris, 1992.

¹⁴⁶ Bergman, "A Dissertation on Elective Attractions" (1785), en Henry M. Leicester and Herbert S. Klickstein, **A Source Book in Chemistry, 1400-1900**, *op. cit.*, p. 94.

¹⁴⁷ Guerlac, *op. cit.*, p. 235.

Pero esta ruta hacia la solución del problema transdictivo, la aparente clave para descubrir las fuerzas subyacentes de la naturaleza corpuscular, estaba destinada a mostrarse como ilusoria. Paradójicamente C. I. Berthollet (1748-1822) adoptaría un enfoque claro y lógico respecto a este problema, reorientando la teoría de las afinidades y, al mismo tiempo, haciendo del necesario programa experimental algo implausible. Alumno de Macquer, al inicio de su *Essai de Statique Chimique* (1803) hacía evidente su lealtad hacia la tradición de investigación propuesta por su maestro y por Buffon:

Les puissances qui produisent les phénomènes chimiques sont toutes dérivées de l'attraction mutuelle des molécules des corps à laquelle on a donné le nom d'affinité, pour la distinguer de l'attraction astronomique. Il est probable que l'une et l'autre ne sont qu'une même propriété.¹⁴⁸

Sólo desde el momento en que se reconoció que la afinidad era la causa de todas las combinaciones, la química pudo empezar a verse como una ciencia con principios generales, afirmó. Sin embargo, Berthollet argumentó también que cada sustancia tenía una tendencia a entrar en combinación, la cual actuaba en proporción a su afinidad y a su cantidad. Siguiendo por esta vía realizó un riguroso análisis que tomaba en cuenta, entre otras cosas, el efecto de las diferentes masas reactivas y del calor en el curso de una reacción y sobre esta base demostró que las afinidades podían alterarse como resultado de todo un rango de circunstancias. A la luz de estas investigaciones, las ambiciones de los teóricos de la afinidades se debilitaron fuertemente y, finalmente, la teoría se desvaneció.¹⁴⁹ El intento de alcanzar el sueño newtoniano de matematizar las afinidades había terminado en el fracaso.

Conclusión

La polémica que Buffon entabló con Clairaut muestra lo importante que era para él la filosofía natural newtoniana; su firme creencia en que la ley de la gravedad, sin modificaciones, era aplicable tanto a lo infinitamente grande como a lo infinitamente pequeño. Esto era cierto, en particular, para la química—Buffon recogió así la posibilidad de una química newtoniana que había sido ya anunciada por los primeros newtonianos británicos, como Keill y Freind.

¹⁴⁸ C. L. Berthollet, *Essai de Statique Chimique*, première partie, Paris, 1805, p. 1.

¹⁴⁹ Ver Crosland, *op. cit.* y Thackray, *op. cit.*

Sin embargo, Buffon reconocía que, a distancias muy pequeñas, la forma de las partículas afectaba la forma en que de hecho se expresaba la ley de la gravedad. En virtud de esta idea, no sólo le volvió a conceder un lugar central a la figura de los corpúsculos —como primero lo habían hecho el mecanicismo anterior a Newton y luego, ya bajo el influjo de las ideas de este último, autores como James Keill—, sino que pudo además proponer una posible forma de cuantificar las relaciones de afinidad entre sustancias.

Ahora bien, la insistencia en la inalterabilidad de la ley de gravedad y la posibilidad de medir las afinidades van aparejadas, en Buffon, con sus afanes totalizadores y sistematizadores; y es que desde su punto de vista era posible, en último término, mostrar que la naturaleza en su conjunto dependía de esa sola ley, que toda ella podría explicarse sobre la base de la misma fuerza. Si los esfuerzos de cuantificación tienen su fuente primaria en Newton, es visible aquí sobre todo la intención buffoniana de construir una historia natural renovada, de tipo causal. En este intento podía apoyarse en el esfuerzo realizado por pensadores anteriores que, como Maupertuis, habían identificado ya las afinidades con la atracción newtoniana, o que, como Knight, habían insistido en el predominio único de la ley del cuadrado inverso. De manera menos visible está presente también en el intento sistematizador de Buffon la perspectiva paracelsiano-helmontiana, que había propuesto dos elementos que —además de la asociación azufre-fuego— aparecerían luego en la química de Buffon: la concepción de una naturaleza orgánica, animada por fuerzas propias, y la visión totalizadora y fundante de la filosofía química.

En la concepción buffoniana de la naturaleza son específicamente dos las fuerzas que la animan y la ponen en equilibrio dinámico, la atracción y la repulsión, esta última derivada de la primera en acuerdo con las enseñanzas de Newton. Y en el juego de fuerzas atractivas y repulsivas podemos discernir tanto la influencia que tuvo Hales sobre las concepciones de Buffon como un tema que lo une a otros investigadores, Boscovich por ejemplo. Asimismo, son estas dos fuerzas las que permiten a nuestro autor retomar los cuatro elementos y dar una visión acerca de ellos que, a primera vista newtoniana, debe mucho también a la química francesa de mediados del siglo XVIII. De acuerdo con este punto de vista los cuatro elementos aristotélicos podían hallarse, todos ellos, en estado fijo o en estado libre: se trata de una idea en la que, al igual que en la de las afinidades, confluyen la visión stahlina y la newtoniana. Esto implicaba en particular que la luz, como veremos con más detalle en el siguiente capítulo, podía transformarse en cuerpos y viceversa, idea sugerida en *Opticks* y retomada por Buffon para argumentar a favor de la interconvertibilidad de

los elementos entre sí. Buffon distingue sin embargo, a la manera del estoicismo, diferentes grados de actividad de la materia y así el fuego, en contraste con la tierra y el agua, se presenta como materia activa por sí misma. En cuanto al aire, sus reflexiones están influidas nuevamente por las investigaciones de Hales, que ya eran aceptadas en Francia incluso por Venel.

La reaparición de la teoría de los cuatro elementos no es sorprendente sino a primera vista. En realidad, nunca fueron totalmente abandonados. En la química francesa del siglo XVII, el sistema de cinco elementos (agua o phlema, azufre o aceite, mercurio o espíritu, sal y tierra) había conservado al agua y la tierra abiertamente, y al fuego de manera encubierta, asociado con el azufre. Solamente el aire, excluido en este esquema, constituía la excepción. El stahlismo que a continuación prevalecería en Francia, adquirió ahí características particulares y su peso se hace visible en el hecho de que Buffon intenta dar cuenta, usando lenguaje newtoniano, de las afinidades concebidas a la manera stahliano-paracelsiana, es decir, como semejanzas o identidades fundamentales.

Espero haber mostrado que la recapitulación que hasta ahora he hecho de la historia de la química nos permite, ante todo, situar la química de Buffon y evaluar adecuadamente su supuesto anacronismo. La historiografía tradicional de la química le ha concedido un gran peso a las figuras de Boyle y Lavoisier, lo cual ha traído como consecuencia que las narraciones se tejan en gran medida linealmente y alrededor de ellos. Si en consonancia con esa historiografía, que supone además una ruptura tajante,¹⁵⁰ se comparan las propuestas químicas de Buffon, publicadas entre 1763 y 1784, con lo que habría de suceder posteriormente en química en particular y en la ciencia en general—esto es, el surgimiento de las ciencias positivas—el resultado no puede ser otro que una visión de la química de Buffon como anacrónica.

Pero si al contrario tratamos de entender esta química en su contexto, podemos ver que, aunque en primer lugar hace suya la teoría de los cuatro elementos, no se trata exactamente de la teoría tradicional, aristotélica. En la química francesa de mediados del siglo XVIII—bajo la influencia de la teoría del flogisto, de las enseñanzas de Rouelle y de las ideas de Boerhaave—la tierra, el agua, el aire y el fuego tienden a concebirse como constituyentes y como instrumentos del

¹⁵⁰ Acerca de posturas más gradualistas en torno a la revolución de Lavoisier ver Robert Siegfried, "Lavoisier and the Phlogistic Connection", *Ambix*, vol. 36, no. 1, marzo 1989; Douglas Allchin, "Phlogiston after Oxygen", *Ambix*, vol. 39, no. 3, noviembre 1992; Seymour Mauskopf, "Richard Kirw'n's Phlogiston Theory", *Ambix*, vol. 49, no. 2, noviembre 2002.

cambio químico. Cuando comenzaron a aceptarse las ideas de Hales en torno al aire fijo, se formó una escuela, la de la teoría instrumental de los cuatro elementos, que pensaba que todos ellos podían encontrarse tanto en estado libre como en estado fijo. Esta fue una de las formas particulares que la teoría del flogisto adoptó en Francia y Buffon es heredero directo de esta perspectiva.

Así, aunque Buffon se halla al parecer en desacuerdo con la teoría del flogisto, no nos debemos dejar engañar por la crítica formal que hace a esta teoría. Las ideas de Stahl, que predominaron durante el siglo XVIII en Francia, no habían venido sencillamente a sustituir al sistema de cinco elementos hasta entonces prevaleciente. Al contrario, habían recogido nociones paracelsianas presentes en ese sistema. Las tierras de Stahl (mercurial, vitrificable y el flogisto) tenían como antecedentes el mercurio, la sal y el azufre de Paracelso —o el mercurio, la sal y el aceite de los iatroquímicos— y comunicaban a los mixtos sus propiedades, como tradicionalmente se había sostenido en la doctrina de los elementos-principios. En cuanto a las nociones de origen aristotélico —también presentes— el agua era reconocida como principio de cohesión, mientras el aire y el fuego tendían a ser concebidos más como instrumentos de cambio químico. En Francia, con Rouelle, las tierras se fundieron en la noción de “tierra” y fue así que se produjo un retorno de los cuatro elementos que si por un lado no era ajeno a la tradición stahliano-paracelsiana, por otro retomaría además, hacia mediados del siglo XVIII, la idea newtoniana de atracciones y repulsiones entre partículas. Y uno de los más activos participantes en esta conjunción fue justamente Buffon.

El marco proporcionado por la idea newtoniana de fuerzas entre partículas permitía considerar la fijeza o la volatilidad de los elementos como propiedades relativas y es que el carácter instrumental o constituyente de un elemento se vinculó a la acción de fuerzas repulsivas o atractivas, respectivamente, entre corpúsculos. Esto involucraba evidentemente una nueva manera de enfocar las afinidades, que anteriormente habían sido concebidas como simpatías o antipatías entre sustancias o quizás como meros *rappports* entre ellas. Este enfoque newtoniano, que fue desarrollado primero en Gran Bretaña por discípulos de Newton como Freind y Keill, se extendió luego a Holanda con personajes como Boerhaave y a Francia con autores como Maupertuis, Macquer y Buffon, y dio lugar tanto a esfuerzos de tono especulativo —Boscovich— como a propuestas de cuantificación de las fuerzas entre partículas —la de Buffon entre ellas. En la nueva

teoría de los cuatro elementos la química newtoniana se enlazó de manera efectiva con el stahlismo francés. Resulta en extremo interesante encontrar, alrededor de las afinidades, esta alianza entre dos perspectivas de la química que según Venel estaban reñidas, la química del flogisto y la química newtoniana. Se trata de una conjunción que se produjo en Francia durante la segunda mitad del siglo XVIII y que, visible en la obra de Guyton¹⁵¹ pero también ya en la de Macquer, tuvo gran éxito.

Otro rasgo importante de la química de Buffon es que le vuelve a conceder una importancia central a la figura de las partículas. Esto nos permite apreciar una vez más la continuidad en la historia de la química, que así como había reconceptualizado (y no olvidado) las antiguas simpatías renacentistas y la noción de elemento-principio mediante el concepto de fuerza, retomó propuestas del mecanicismo pre-newtoniano. Bajo la nueva luz proporcionada por la teoría de Newton de las fuerzas atractivas y repulsivas entre partículas, Buffon afirmó que la forma de estas últimas afectaba la forma en que se expresaba la, para él, inalterable ley del cuadrado inverso. Esta idea de Buffon influyó de manera considerable en la química francesa de la segunda mitad del siglo XVIII.¹⁵² De finales de los 1760s a los 1780s la explicación de las reacciones químicas en términos de atracciones newtonianas y el esfuerzo por calcular estas últimas, derivado en parte al menos de la inspiración proporcionada por Buffon, fueron llevados adelante por Guyton y personajes como Bergman y Berthollet.

Roger, al sostener que la química de Buffon era anacrónica aún a los ojos de sus contemporáneos, sencillamente no subrayó en absoluto el tema de las afinidades. Y esto es desafortunado, porque especialmente en el programa buffoniano de cuantificación de las afinidades —programa cuyo punto de partida es la consideración de que la ley del cuadrado inverso rige el movimiento entre partículas— podemos apreciar claramente la vigencia contemporánea que tenían las ideas de Buffon.¹⁵³ Ahora bien, ciertamente Roger reconoce que la falta de actualidad de la química de Buffon no reside en la cuestión de los cuatro elementos o en su crítica a la teoría del flogisto, sino más bien en su enfoque genético y totalizador. En este sentido

¹⁵¹ Ver Evan M. Melhado, "Oxygen, Phlogiston, and Caloric: The Case of Guyton", *Hist. Stud. Phys. Sci.*, 1983, vol. 13, especialmente p. 323:

¹⁵² Ver Thackray, *op. cit.*, y Evan M. Melhado, "Scientific Biography and Scientific Revolution", *Isis*, vol. 87, no. 4, diciembre 1996, p. 690.

¹⁵³ También Seymour Maukopf, "Richard Kirwan's Phlogiston Theory", *op. cit.*, subraya la vigencia de la teoría de la afinidad química en los 1780s.

la cuestión se reduce a si, más allá del programa de cuantificación de las afinidades, Buffon se hallaba ya solo, a esas alturas, en sus ambiciones explicativas. No era así sin embargo, como lo atestigua el hecho de que Knight y Boscovich se hallaran comprometidos con esfuerzos similares.

La perspectiva genética de Buffon, su preocupación por el origen histórico de los cuerpos que implica la no separación entre la mineralogía y la historia general de la Tierra —perspectiva que Roger contrasta también con el nuevo enfoque que la revolución química traerá consigo— era, como vimos en el capítulo 1, no sólo muy propia del siglo XVIII sino parte importante de la renovación de la historia natural que Buffon se propuso llevar a cabo. El proyecto de una historia natural causal hacía de esta, además, una empresa prácticamente indistinguible de la filosofía natural en cuanto a sus objetivos y ambiciones. Nuevamente, una de las consecuencias que el enfoque de Lavoisier traería consigo en el siglo XIX sería el rompimiento con este tipo de objetivos amplios y sólo bajo esta luz, la que nos proporciona la historia posterior de la ciencia, podemos considerar anacrónico el enfoque de Buffon. Todavía en los 1780s, a unos años de la muerte de este, sus ideas químicas parecerían prometedoras. Si haciendo abstracción de la teoría de las afinidades el vocabulario químico de Buffon suena “vago” y “arcaico”—como Roger señala— es porque la química de su tiempo no había roto totalmente con su pasado, fuera este aristotélico, estoico, paracelsiano, iatroquímico o stahliano, ni a consecuencia del surgimiento del mecanicismo, ni del florecimiento del newtonismo.

En cuanto a su ambiciosa historia natural, esta debía ser para Buffon mismo una nueva ciencia que ofreciera explicaciones causales fundamentales, lo más generales posible, y esto se hallaba vinculado a su concepción de la naturaleza —de orígenes renacentistas— como agencia creadora con poderes propios. Se trata de un naturalismo que condujo a Buffon a pensar, finalmente, en la abiogénesis, esto es, en el surgimiento de la vida a partir de la materia bruta. Esta es una propuesta en sí radical y novedosa, que sin embargo tiene raíces en ideas muy antiguas. La continuidad de la historia de la química que se aprecia en la forma en que, tanto en el terreno de los elementos como en el de las afinidades, conceptos tradicionales — aristotélicos, paracelsianos, estoicos, stahlianos— se retomaban una y otra vez, situados en nuevos marcos, traducidos a nuevos lenguajes —el mecanicista, el newtoniano—, resalta especialmente en la historia de las asociaciones del aire y del fuego con la vida que, como veremos a continuación, explican por qué Buffon le atribuyó un carácter aceitoso a las moléculas inorgánicas a partir de las cuales surgió la vida.

Segunda parte

4 Aire, fuego y vida

Si en la primera parte de este trabajo intenté mostrar que la química de Buffon, lejos de ser anacrónica, era parte de un proyecto en química que todavía en el momento de su muerte se hallaba vigente, el objeto de esta segunda parte es explicar por qué este autor sugirió que las moléculas inorgánicas a partir de las cuales se originó la materia viviente poseían un carácter aceitoso. Que la vida se hubiera originado a partir de la materia bruta era, en su momento, una propuesta tan radical que Buffon no la expresó públicamente sino de manera vacilante, ambigua.¹ Como veremos a continuación, esta propuesta tenía su origen en una antigua tradición que asociaba el fuego —y en muchas ocasiones el aire también— con la vida. Podemos encontrar vinculaciones entre fuego, aire y vida al menos desde el estoicismo. Así que es necesaria una segunda ojeada a la historia de la química no sólo para situar esas asociaciones y ver las discusiones acerca de qué eran realmente el aire y el fuego —si se trataba de elementos constitutivos o de meros instrumentos del cambio químico—, sino también para ver de qué forma confluyeron en la vinculación de Buffon del fuego fijo y la vida nociones tan antiguas como las de materia activa por sí misma y azufre. Gracias a este recorrido podemos discernir, a través de virajes corpuscularistas y newtonianos —de la misma manera que en la primera parte de este trabajo— una notable continuidad en la historia de la química.

En el siglo XVIII los límites del dominio de la química se hallaban todavía sujetos a discusión. Si por un lado, y desde la tradición de la filosofía química, existía una química con ambiciones teóricas muy amplias, por otro a veces se sostenía que debía contentarse con el estudio estricto de las reacciones materiales. La discusión de los límites de la química es especialmente clara en lo relativo a los problemas representados por la luz, el fuego y el aire. Y es que si la luz era concebida como un mero accidente no le interesaba al químico, pero si la luz era en realidad un cuerpo su rol en los fenómenos materiales y sus afinidades con otros cuerpos debían ser estudiados con detalle.

¹ De hecho, lo que en general se discutía en el siglo XVIII —frente a la teoría de la preformación de los gérmenes, que suponía a estos creados por Dios desde el inicio de los tiempos— era la generación espontánea como una suerte de generación equívoca; desde el punto de vista de Buffon, este era un fenómeno, nada raro, en el que las moléculas orgánicas “se reunían casualmente”, esto es, en ausencia de un progenitor, dando lugar a animales como la tenia, las ascárides, las “anguilas” del vinagre, etc. Buffon, *Histoire Naturelle, Générale et Particulière*, tome second, Imprimerie Royale, Paris, 1749, p. 303. Ver también John Farley, *The Spontaneous Generation Controversy from Descartes to Oparin*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1977, capítulos 1 y 2.

En cuanto a la cuestión del fuego, hemos adelantado ya algo anteriormente; el problema era si este era un elemento material que se inmiscuía en la sustancia de los reactivos, alterando sus propiedades —en cuyo caso el estudio de los fenómenos con él relacionados incumbía a la química— o si bien se trataba solamente de un instrumento, útil para la química pero no un reactivo o constituyente. En palabras de Venel,

Le feu, considéré comme objet chimique particulier, est un principe capable de combinaison & de précipitation; constituant dans différens mixtes dont il est le principe, la couleur, l'inflammabilité, la métallicité, &c. [...] Nous avons dit le feu considéré comme objet chimique particulier, parce que le feu aggrégé, considéré comme principe de la chaleur, n'est pas un objet chimique, mais un instrument que le Chimiste employe dans les opération de l'art, ou un agent universel dont il contemple les effets chimiques dans le laboratoire de la nature.²

Con respecto al aire se presentaban problemas semejantes: considerado en la antigüedad como un elemento, había perdido esta categoría cuando los *tria prima* paracelsiana fue adoptada por los químicos y tampoco se le incluía en el sistema de los cinco principios. De hecho, a comienzos del siglo XVIII y bajo la influencia de las ideas de van Helmont, la mayoría de los investigadores lo concebían como un cuerpo simple que, aunque actuaba como instrumento en las reacciones químicas, no constituía un reactivo o ingrediente en la formación de mixtos.

Mientras que los investigadores británicos no eran indiferentes a los descubrimientos de van Helmont y de Boyle acerca de los gases, vapores y aires producidos en reacciones químicas, los discípulos de Stahl en el Continente, y especialmente en Francia, en general rechazaban la idea de que el aire fuera un principio constitutivo de las sustancias químicas. Esta actitud probablemente se hallaba relacionada con el abandono de la teoría aristotélica de los cuatro elementos, en lugar de la cual se habían adoptado, como vimos, diversas teorías en las que se adoptaba la perspectiva helmontiana del agua como principio último, se seguía a Becher en la combinación de esta tesis con una teoría de tres elementos terrestres, o bien se convertía la *tria prima* paracelsiana en una teoría de cinco elementos. Recordemos que en estos diversos sistemas solía asignarse el papel de elemento, abierta o disfrazadamente, a la tierra, el agua y el fuego, pero que en general el aire se hallaba ausente, relegado al rol de agente físico o instrumento. Ahora bien: ya bajo la influencia del estudio de Boyle acerca de las propiedades del aire, surgió la teoría instrumental, teoría en la que a la larga los antiguos cuatro elementos se transformaron en cuatro instrumentos, esto es, en

² Venel, "Chymie", en Diderot & D'Alembert, *Encyclopédie, ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, tome III, Paris, 1753, p. 414.

agentes mecánicos que producían, sostenían o transferían el movimiento interno del que se pensaba que dependían los cambios químicos. En este marco, el agua era efectiva como solvente porque tenía la propiedad de comunicar su movimiento a otros cuerpos; lo mismo ocurría con el aire. En contraste con ellos, la tierra era un principio de reposo y agregación.

En el cambio que se produjo desde la concepción del aire como elemento, al aire como instrumento y finalmente al aire como reactivo el trabajo de Hales fue fundamental. Ya a mediados del siglo XVIII las ideas de Hales en torno al aire fijo contenido en los cuerpos, originadas a partir de las *Queries* newtonianas, habían comenzado a ejercer alguna influencia en Francia. La influencia de *Opticks* y sus consideraciones en torno a la transformabilidad de la luz en cuerpo y viceversa, también comenzaban a tener peso. Resurgió entonces, quizás de manera provisional y a la espera de que el problema transdictivo encontrara una solución vía la matematización de las afinidades, la teoría de los cuatro elementos, pero con un nuevo matiz: tal vez la tierra, el agua, el aire y el fuego fueran simultáneamente instrumentos y constituyentes químicos. Desde esta perspectiva la teoría newtoniana y la teoría del flogisto no necesariamente entraban en conflicto y de hecho en la química buffoniana aspectos de ambas encuentran un lugar. Se trata de una conjunción entre lo nuevo y lo antiguo que se hace evidente, de manera especial, en la concepción del aire y del fuego, es decir, de los elementos cuyo papel se debatía más agudamente. Y a fin de comprender esta conjunción peculiar es necesario, nuevamente, echar una ojeada a la historia de la química para ver específicamente cómo se concebían estas sustancias.

4.1 Azufre y pneuma

En relación con el fuego y el aire existen dos concepciones muy antiguas que de algún modo se reflejarán en la teoría química de los siglos XVII y XVIII: la del azufre y la del pneuma. La alquimia china descubrió la pólvora, una mezcla de salitre, carbón y azufre, y la conceptuó como una reacción entre el salitre, rico en *yin*, y el azufre, rico en *yan*. Es muy posible que esta idea, junto con otros descubrimientos chinos, ejerciera una profunda influencia en la alquimia árabe —alquimia que a su vez tuvo un importante papel en el surgimiento de la concepción paracelsiana de los tres principios.³ La noción de pneuma, por su parte, era parte de la doctrina estoica según la

³ Ver Brock, *op. cit.*

cual había dos tipos de materia, una inerte —representada por el agua y la tierra, por lo húmedo y lo frío— y otra activa, el pneuma o espíritu vital.

El estoicismo, cuyo desarrollo comenzó aproximadamente en el 300 a. C. y continuó por cinco siglos más, se conectaba al menos en parte con una idea muy antigua y prácticamente universal; la idea de que mientras hay aliento hay vida. El punto de partida de la perspectiva estoica⁴ era la consideración de los seres humanos como todos integrales, esto es, seres que tenían propiedades y capacidades en tanto que totalidades o sistemas organizados. El cuerpo humano poseía en ese sentido propiedades integrales, que no se derivaban totalmente de las propiedades de sus diversas partes; que, específicamente, no se derivaban de los materiales líquidos y sólidos que lo constituían, sino del pneuma. Este era una agencia continua, dinámica, y podía ser de tres tipos: la causante de la cohesión del cuerpo, de su unidad, y de las propiedades de sus materiales constituyentes (el pneuma cohesivo); la que le daba su animación (el pneuma vital) y la que le otorgaba sus capacidades intelectuales (el pneuma racional). Pero de manera fundamental el concepto de pneuma apuntaba hacia algo mucho más general; era un tipo especial de sustancia material, extremadamente tenue, difundida por todo el cosmos.

En contraste con los ingredientes materiales del cuerpo, sólidos y líquidos, el fuego y el aire eran intangibles, tenues, carentes de peso y elusivos. Mientras que los primeros eran vistos como formas pasivas de materia, los segundos se entendían como formas activas, de modo que los estoicos pensaron que al fuego y el aire les correspondía el papel activo de mantener unida a la materia inerte a fin de que pudiera funcionar en todos estables, funcionales, y concluyeron que los diferentes tipos de pneuma estaban formados por diferentes mezclas de fuego y aire. Ya que el cosmos era también uno de esos todos ordenados, poseía un conjunto de propiedades integrales, el Alma del Mundo, derivado de su propio pneuma, el pneuma universal. Este saturaba todo el cosmos y era la fuente última de la que los cuerpos individuales obtenían su pneuma específico; de hecho, llegó a ser identificado con Dios. Asimismo constituía el grado más alto de pneuma, es decir, el tipo de pneuma que contenía la mayor parte de fuego y la menor de aire. En consecuencia la materia celestial, en contraste con la visión aristotélica, no era una quintaesencia radicalmente diferente a lo sublunar, sino que era una materia idéntica al grado más alto de pneuma terrestre, es

⁴ Toulmin Stephen & Goodfield June, **The Architecture of Matter**, The University of Chicago Press, Chicago and London, 1962, p. 94 y siguientes.

decir, un pneuma constituido casi únicamente por fuego. No había una distinción absoluta entre los cielos y la Tierra y si el mundo terrestre se hallaba sujeto al cambio y a la decadencia ello se debía a su exceso de elementos pasivos, de tierra y agua. Por último, la doctrina estoica unía al individuo humano con el cosmos; y es que toda vida provenía del Alma del Mundo y, con el tiempo, retornaba a ella. El pneuma se unía al individuo en el momento de su concepción y permanecía dentro de él a lo largo de su vida, manteniéndose a sí mismo gracias al aire cálido que tomaba de la atmósfera; al morir, la respiración cesaba y el pneuma, que era lo único que impedía la corrupción, se separaba del cuerpo. Para los estoicos la agencia suprema de creación y destrucción en el mundo consistía en fuego puro.

Como mencionamos antes, las creencias estoicas influyeron en la alquimia. En la alquimia árabe resaltaría si no el fuego como elemento por lo menos la inflamabilidad como principio. De acuerdo con Jabirian —cuya obra como recordaremos fue la base del escrito latino sobre alquimia más importante, la *Summa Perfectionis*— los metales eran resultado de la mezcla de un principio caracterizado como “fiero” y “humeante”, el azufre, y un principio acuoso, el mercurio. Esta idea, conocida como la teoría azufre-mercurio de la composición metálica, parece incorporar también ideas estoicas alquímicas, según las cuales la cohesión de los metales era resultado de la actividad de un espíritu, el mercurio, y un alma, el azufre. Aunque no podemos seguir aquí en detalle las diversas formas que estas doctrinas adoptaron, lo relevante para mi estudio es el hecho de que existieran asociaciones desde muy temprano, entre el azufre y la propiedad general de inflamabilidad (en la alquimia china y en la árabe), por un lado, entre esta propiedad a su vez, representada por el fuego, y la materia activa por sí misma, por otro, y finalmente entre la materia activa y la vida (en la doctrina estoica). Se trata de asociaciones que bajo diversas formas, como veremos, se sostendrán todavía hasta el siglo XVIII.⁵

4.2 Espíritu aéreo vital

La asociación entre fuego, aire y vida se presentó posteriormente en la tradición paracelsiana comprometida con la búsqueda de un espíritu aéreo vital y también en la teoría de la pólvora. Como intentaré mostrar a continuación, a lo largo de los siglos XVI y XVII numerosos autores buscaron identificar ese espíritu con un cierto ingrediente en el aire o bien relacionaron los

⁵ Sobre este tema: Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*; Toulmin and Goodfield, *op. cit.*

ingredientes de la pólvora con fenómenos meteorológicos y vitales al mismo tiempo. Es posible que la búsqueda del espíritu aéreo vital se haya iniciado con un texto de Paracelso (quizás apócrifo) —el *Liber Azoth* (1591)— en el que se mencionaba la similitud entre la vida y la combustión, indicando el hecho de que el aire era esencial para ambas. Con el tiempo los paracelsianos argumentarían específicamente que sólo cierta parte del aire era el ingrediente esencial en este sentido: el nitro o salitre aéreo; este a su vez llegó a ser prácticamente identificado con el Espíritu Celestial de los estoicos y se consideró necesario para todo tipo de vida, ya fuera mineral, animal o vegetal. Desde su perspectiva, la Tierra era una suerte de enorme frasco de destilación que poseía un gran fuego central. Este fuego era la causa de los volcanes y de los arroyos, concebidos como producto de las aguas subterráneas que se destilaban al interior de las montañas. El fuego interno también producía la humedad requerida por la vegetación y destilaba otras sustancias subterráneas, preparándolas para aceptar las virtudes celestiales que se necesitaban para que se formaran los metales.⁶

Y es que, como vimos antes, desde la perspectiva paracelsiana la naturaleza fue considerada como un enorme laboratorio químico; si la creación había sido una suerte de separación alquímica realizada por Dios, numerosos procesos de interés podían ser objeto de una explicación en términos químicos. Las corrientes de las montañas, por ejemplo, eran destilaciones de la Tierra misma; el trueno y el relámpago eran resultado de la explosión de un azufre y un nitro aéreos —es decir, una réplica a gran escala de la explosión de la pólvora— y las lluvias constituían circulaciones macrocósmicas imitadas por el calentamiento del agua en el pelícano alquímico. Junto con estos procesos químicos naturales tenía lugar una intervención divina en los asuntos humanos, ejercida mediante los rayos estelares y especialmente mediante el “aliento del Señor”; una serie de influencias celestiales transmitidas a través de la atmósfera. El aliento del Señor se asociaba asimismo con los azufres y nitros aéreos que, a su vez, actuaban sobre el cuerpo humano. En la respiración, la parte vital del aire, la parte nitrosa, se separaba químicamente del resto para unirse a la sangre —y era con base en este tipo de especulaciones que los paracelsianos se oponían a las sangrías, argumentando que cualquier pérdida de esa sustancia vital contenida en la sangre tenía que dañar al cuerpo entero.⁷

⁶ Debus Allen G., *The French Paracelsians*, Cambridge University Press, Cambridge, 1991, p. 11.

⁷ Debus Allen G., *The English Paracelsians*, Oldbourne, London, 1965, pp. 29 y siguientes.

En la visión de Paracelso las fuerzas que impulsan al hombre, microcosmos, eran semejantes (o incluso las mismas) que las que dominaban al universo-macrocosmos. En concreto, para él, la carne humana representaba a la tierra, la fuerza vital o *balsamus* al aire, la sangre al agua y el calor corporal al fuego. En la relación microcosmos-macrocosmos entraban en juego también los espíritus, entendidos como algo aeriforme —esto es, invisible pero capaz de ejercer acción—, entre los cuales se hallaban el aliento humano, estrechamente relacionado con la vida, la vida misma y las fuerzas físicas que movían a los planetas en el cielo y a los objetos mediante el viento.⁸ Explícitamente Paracelso afirma:

El hombre está hecho, en su cuerpo terrenal, de los cuatro elementos. Agua y tierra, con los que está modelado su cuerpo, forman la vivienda y envoltorio corporal de la vida. Y no me refiero aquí a esa vida del espíritu que brota del aliento de Dios, ... sino a esa otra precedera, de naturaleza terrena. Porque hay que saber que el hombre posee dos clases de vida: la vida «animal» y la «sideral» ... Así también el hombre tiene un cuerpo «animal» y otro «sideral»; y ambos forman una unidad y no están separados. Ello ocurre de este modo: el «cuerpo animal», el cuerpo de carne y sangre, está siempre muerto por sí mismo. Sólo el «cuerpo sideral» hace que a ese cuerpo llegue el movimiento de la vida. El «cuerpo sideral» es fuego y aire; pero también está unido al cuerpo animal del hombre. Así que el hombre mortal consiste en agua, tierra, fuego y aire.⁹

El “cuerpo animal” estaba, en sí mismo, muerto; sin embargo, se animaba gracias al “cuerpo sideral” constituido por fuego y aire, por la materia activa de los estoicos, y era esta materia el medio a través del cual se transmitía el aliento divino. Ahora bien: el aire, asociado íntimamente al fuego, tenía al parecer el papel principal en el sostenimiento de la vida; el aire le daba vida a todas las cosas, incluyendo al fuego mismo.

Paracelso sostenía simultáneamente, como sabemos, que todo cuerpo consistía de tres principios, el azufre, el mercurio y la sal y usaba como ejemplo lo que le ocurría a una rama de madera al quemarse: lo que emanaba en forma de humo era el mercurio, las cenizas que quedaban eran la sal y lo que se quemaba propiamente era el azufre. Todo lo que entra en combustión es azufre, afirmó.¹⁰ Por otro lado, en su teoría de los tres principios Paracelso describía a la sal como un bálsamo natural del cuerpo vivo, lo que lo protegía en contra de la descomposición. Pero, aunque subrayaba la importancia de la tierra y de los nutrientes que las plantas y los animales obtenían de ella como la fuente principal de esa sal balsámica, tampoco se cansaba de repetir que

⁸ Radl, *op. cit.*

⁹ Paracelso, *Textos esenciales*, *op. cit.*, p. 71.

¹⁰ Ver Metzger, *Les Doctrines Chimiques en France*, *op. cit.*, p. 349.

el aire tenía un papel profundamente significativo en los fenómenos de la vida y que una parte de él era el principal agente en el mantenimiento de la vida humana. Esa parte era la sal balsámica, la parte que se unía a la sangre, y la que algunos de sus seguidores identificarían con el nitro.

El salitre se asoció también por esa época a fenómenos de otro tipo, a fenómenos meteorológicos, que en última instancia se hallaban vinculados asimismo al espíritu aéreo vital. En el siglo XVI floreció una teoría meteorológica que no provenía de la tradición alquímica o iatroquímica, sino del descubrimiento y mejoramiento de la pólvora a fines de la Edad Media.¹¹ Se trata de la teoría azufre-nitro, o teoría de la pólvora, que afirmaba que la semejanza entre los efectos de las explosiones químicas y las tormentas eléctricas no era un accidente. De acuerdo con esta teoría un mismo agente era el causante de fenómenos tan diversos como el relámpago y el trueno, los terremotos, la nieve, ciertas propiedades del aire invernal, etc. Así en 1540 Vanoccio Biringuccio (1480-1538) hizo quizás la primera referencia explícita a la semejanza entre las explosiones de pólvora y las tormentas eléctricas; diez años después, Girolamo Cardano (1501-1576) explicaba los terremotos más en términos químicos que físicos; eran resultado, dijo, de la ignición en las entrañas de la Tierra del azufre, el nitro y el bitumen y de estas tres sustancias el nitro era la más poderosa. En 1556 Georgius Agricola señaló la fuerte semejanza entre la explosión de la pólvora y los rayos de las tormentas eléctricas. Fue a partir de afirmaciones como esta que se extendió la creencia en que las “causas materiales” del relámpago, del trueno y del terremoto eran las mismas que, o al menos muy similares a, los materiales que componen la pólvora. Los ingredientes de esta sustancia, dejando de lado al carbón, eran azufre y salitre o nitro, ingredientes que reaccionaban también en las nubes o por debajo de la superficie terrestre dando lugar a los terremotos y las tormentas eléctricas. Y había datos que parecían confirmar la hipótesis: el olor azufroso asociado con las erupciones volcánicas y el olor similar que se presentaba justo después de una tormenta eléctrica. Para principios del siglo XVII las referencias al nitro y al azufre del aire, y a su papel como agentes de fenómenos meteorológicos, se volvieron muy comunes: Athanasius Kircher (1602-1680) también atribuyó los terremotos a la explosión de una mezcla de vapores sulfurosos y nitrosos bajo tierra y Daniel Sennert (1572-1637) sostuvo que los truenos y los relámpagos estaban formados por un espíritu ígneo y otro nitrosulfuroso.

¹¹ Guerlac Henry, “The Poet’s Nitre: Studies in the Chemistry of John Mayow-II”, en *Essays and Papers in the History of Modern Science*, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1977.

Volviendo ahora a la tradición iniciada por Paracelso, encontramos que Bernard Palissy (ca. 1510-ca. 1590) escribió una serie de comentarios sobre agricultura en los que se enfatizaba la importancia de los fertilizantes debido a que estos contenían la sal vital postulada por aquel. Blaise de Vigenère (1523-1596), en su *Traicté du Feu et du Sel*, sostuvo que el salitre contenido en el aire tenía asimismo gran importancia; consideraba que esta sustancia poseía una disposición situada a medio camino entre el agua marina y el fuego bajo su forma de azufre y que, por tanto, el salitre era inflamable y salado a la vez. Estas propiedades permitían explicar el trueno y el relámpago de los cielos como algo muy semejante a la explosión de la pólvora aquí en la superficie. Otro autor cuyas ideas destacan en este marco fue Joseph Duchesne (ca. 1544-1609), quien haciendo uso de concepciones estoicas e ideas paracelsianas, sostuvo que la sal, el azufre y el mercurio eran principios activos, en contraste con los elementos tradicionales que poseían solamente cualidades pasivas. A pesar de que rechazaba el estatus elemental del fuego, hizo uso de los cuatro elementos aristotélicos emparejados con los principios paracelsianos; de este modo, asoció la sal con la tierra, el azufre con el fuego y el mercurio con el agua y la tierra. El calor y el fuego se asociaban pues al azufre, principio que jugaba un papel fundamental: el azufre, sostenía, era una sustancia aceitosa, el alimento del fuego y del calor natural y poseía la capacidad de ablandar y de unir.¹²

Respecto al aire, aunque lo aceptaba como un elemento creía que no podía ser aislado y que siempre se le hallaba mezclado con el azufre y el mercurio. Duchesne afirmaba que el mercurio, el azufre y la sal podían verse en la atmósfera: los vientos evidenciaban al espíritu mercurial, los cometas y relámpagos se basaban en el azufre y en el trueno aparecía la sal como “stone of lightning”. Los tres principios se encontraban también por todas partes en el reino vegetal y el animal. Y de ahí que así como la filosofía natural se basaba en los tres principios, la medicina debía basarse en tres humores: el quilo, la sangre venosa y uno más: el azufre radical.¹³ Duchesne no mencionaba espíritu aéreo vital alguno; en cambio, en su comprensión del relámpago y del calor vital, el azufre-principio jugaba un papel fundamental mediante su asociación con fenómenos ígneos. El traductor de parte de la obra de Duchesne al inglés, Thomas Tymme, combinaba también la *tria prima* con los elementos aristotélicos, considerados estos últimos como una forma secundaria de la materia. Pero, en un texto de 1612, definió al fuego como una sustancia que

¹² Duchesne, citado por Debus, *The English Paracelsians*, *op. cit.*, p. 93.

¹³ Duchesne, 1605, citado por Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*, p. 56. Ver también Debus, *The English Paracelsians*, *op. cit.*, pp. 92 y siguientes.

contenía en sí la vida y el movimiento y al aire como una sustancia que contenía el alimento de la vida.¹⁴ El alma de los elementos correspondía al azufre, mientras que el espíritu correspondía al mercurio. En todo caso vale la pena notar la identificación del elemento ígneo como algo que contiene vida en sí mismo y la indicación de que en el aire se halla el alimento de la vida.

Esta última idea se presentó, de hecho, en numerosos autores. De acuerdo con Guerlac el autor conocido como el “Cosmopolita” era un alquimista escocés, Alexander Seton, autor de *Novum Lumen Chymicum* y cuya obra fue publicada en 1604 por Michael Sendivogius. En el epílogo de este libro se encuentra un pasaje en el que se menciona la idea paracelsiana de que había en el aire un “alimento secreto de la vida” y en otro texto que acompañaba a *Novum Lumen, De Sulphure*, Seton sostenía:

Concerning elementary air [...] It contains the vital spirit of all creatures, is the life of all [...] It nourishes, impregnates, conserves the other elements; and we are taught by daily experience that it is the life not only of minerals, animal, and vegetables, but also of the other elements. [...] In short, the whole universe is kept fresh and sweet by air, and it is the vital element of man, beast, plant, and stone.¹⁵

El “Cosmopolita identificó ya el “secreto alimento de la vida” con el nitrógeno. En otro sitio Seton decía que del rocío se extraía el salitre de los filósofos, sustancia en virtud de la cual todas las cosas creían y se alimentaban. Hablaba asimismo del poder fertilizante de la lluvia, atribuyéndolo en ambos casos a la misma agencia: y es que la lluvia recibía su poder vital del aire y lo unía al salitre de la tierra. Pero añadía algo más: en el aire se hallaba el espíritu vital de todas las cosas, incluidos no sólo minerales, vegetales y animales sino los elementos mismos; específicamente sin aire, el fuego se extinguía. De este modo, Seton encontraba un lazo común entre respiración y combustión.

En los numerosos escritos de Michael Sendivogius (1556-1636) que se tradujeron y circularon en Inglaterra (y que con el tiempo caerían en manos de Newton), este autor hablaba del “secreto alimento de la vida” que le daba vida a todas las criaturas y minerales del mundo. Una vez más, se trataba del mismo concepto con raíces neoplatónicas, estoicas y paracelsianas. El hombre, como cualquier otra criatura —sostenía— muere si es privado del aire y nada crece en el mundo sin la fuerza y virtud del aire, que penetra, altera y atrae hacia sí el alimento multiplicador.¹⁶

¹⁴ Tymme, citado por Debus, *The English Paracelsians*, op. cit., p. 92.

¹⁵ Sendivogius, *Concerning Sulphur* (1608), en <http://www.levity.com/alchemy/newchem3.html>

¹⁶ Sendivogius, citado por Brock, op. cit., p. 30. Según Guerlac Sendivogius fue quien estuvo a cargo de la publicación de la obra de Seton y de hecho el *Tractatus du Sulphure* y el mismo *Novum Lumen* suelen atribuirse a él.

Cornelis Drebbel (1572-1633), influido por Seton y también por Paracelso probablemente, creía que el aire constaba de dos partes, una quintaesencia apta para la respiración y una parte inerte. Sus ideas se difundieron ampliamente porque realizó una demostración en la que, de acuerdo con sir Kenelm Digby, al calentar salitre se liberaba una sustancia aérea; esta demostración le dio a su vez un gran apoyo a la teoría de que había una sustancia nitrosa esencial para la vida presente en el aire.¹⁷ Pero entre los experimentos de Drebbel se encuentra otro que nos interesa en particular: en 1620 mostró, en Londres, el para entonces sorprendente arte del congelamiento artificial. Y es que en esa época se difundió ampliamente el hecho de que cuando se le añadía sal al agua, o a una mezcla de agua y hielo, su temperatura bajaba fuertemente. Probablemente Drebbel había usado salitre en su demostración; el caso es que la propiedad “frigorífica” del nitro comenzó a concebirse como una característica notable de la sal, vinculada también a su peculiar sabor y a su uso como febrífugo, y que a partir de ese momento se utilizó dicha propiedad para explicar la formación de la nieve en la atmósfera superior. Los investigadores estaban ya convencidos, debido a las hipótesis en torno a la causa de los relámpagos, de que allá arriba existía nitro; ahora esas hipótesis se conectaron no sólo con la formación de la nieve, sino también con el hecho conocido de que el salitre poseía un poder fertilizante. Se supuso pues que la nieve, al caer, traía consigo el poder fertilizante, lo cual a su vez explicaba la creencia campesina en que la nieve primaveral aumentaba grandemente la fertilidad del suelo. Y, además, el salitre era muy útil para curar la carne y evitar su descomposición; ya que, como vimos, Paracelso creía que la sal preservaba la vida en el cuerpo, pareció obvio que el aire invernal, saturado de nitro y en consecuencia activo productor de nieve, era particularmente saludable. La lluvia misma ejercía su efecto fructificador en parte mediante el nitro que arrastraba consigo.¹⁸

En Robert Fludd (1574-?), uno de los filósofos naturales ingleses más conocidos durante la primera mitad del siglo XVII, los temas vinculados al aire y al fuego se reencuentran. Este autor postulaba que la luz, la oscuridad y el agua eran los elementos primarios básicos. A partir del agua, sostenía, surgían los elementos secundarios, esto es, los cuatro elementos aristotélicos. Y es que las aguas habían sido separadas en primer lugar en una parte celestial, de naturaleza ígnea, y en una terrenal; esta a su vez se dividió en las esferas del aire, el agua y la tierra. Creía

¹⁷ Ver Guerlac, *op. cit.*

¹⁸ Ver Guerlac, “The Poet’s Nitre”, *op. cit.*

en la transmutabilidad de la tierra, el agua, el aire y el fuego; para él la condensación y la rarefacción hacían que de un elemento surgieran los otros de modo que, por ejemplo, mediante calentamientos sucesivos la tierra podía transformarse en agua, el agua en aire y el aire en fuego. Estas observaciones lo llevaron a concluir que la tierra era agua densa, el agua aire denso y el aire, finalmente, fuego denso.¹⁹ Y esto implicaba asimismo, según Fludd, que las diferencias entre tierra, agua, aire y fuego eran ocasionadas por las diferentes cantidades de luz presentes en ellos. Al destilar o hervir agua, decía, en realidad se le estaba añadiendo calor y, puesto que el calor y la luz estaban tan inseparablemente vinculados, podía decirse que se le añadía luz al agua. Esta suposición permitía a su vez conjeturar que el agua se convertiría en aire, el cual contenía más luz que el agua. La asociación entre luz, fuego y azufre también se hallaba presente en su pensamiento; el azufre, señalaba, proviene realmente del alma de las cosas, esto es, de la luz.²⁰ El sol era el proveedor de los rayos vitales indispensables para todas las criaturas vivas; estos rayos se transmitían a través del aire y eran una suerte de nutrimento etéreo. Pero ello significaba que, entonces, había en el aire un fuego celestial, invisible, requisito para la vida. A continuación Fludd hizo un examen de seres vegetales y afirmó que la parte celestial y activa del aire se hallaba fija, de alguna manera, en los seres vivientes; en el caso de las plantas podía mostrarse que se trataba de una sal volátil, la que después se identificaría con el salitre volátil. Fludd pensaba que esa parte activa del aire se separaba del resto en el corazón; en tanto que paracelsiano, sostuvo que esa era una separación química. El fuego celestial, el aliento del Señor, se respiraba para formar la sangre arterial, dándole así a nuestro cuerpo el tipo de alimento etéreo sin el cual perecería.

El nitrógeno fue identificado explícitamente con la parte vital del aire por Sir Kenelm Digby (1603-1665).²¹ Digby describió, con base en experimentos realizados por él mismo y por otros, la influencia benéfica que las soluciones de salitre tenían sobre el crecimiento de las plantas. Aproximadamente en 1660 propuso que las plantas recibían su fecundidad no solamente de la sal nitrógena —es decir, el jugo salino balsámico que se hallaba en la tierra y que hacía que la planta germinara y creciera— sino asimismo de una sustancia semejante contenida en el aire. Especulaba que el salitre de la tierra atraía hacia sí, como si se tratara de un imán, a una sal similar pero aérea y de ahí que los aires impregnados de ese “fuego benéfico” fueran los más saludables. Existía pues,

¹⁹ Fludd, citado por Debus, *The English Paracelsians*, *op. cit.*, p. 111.

²⁰ *Ibidem*, p. 112.

²¹ Ver Guerlac, *op. cit.*

para él, una sal aérea, nitrosa, necesaria para la vida —caracterizada a veces por el término “fuego”— y en apoyo de esta idea Digby citaba al “Cosmopolita” y a Cornelis Drebbel. Influido por Seton, Digby atribuía el poder fertilizante de la lluvia y del rocío a la sal nitrosa disuelta en ellos, pero añadió algo a esta teoría: el salitre de la tierra se generaba a partir del nitrógeno en el aire porque ambas sustancias se atraían entre sí. Este era un fenómeno análogo al de la atracción del hierro por el imán en cuanto que en ambos existía un poder atractivo, una atracción de lo semejante por lo semejante.

La teoría del nitrógeno aéreo fue aplicada de manera consistente a los problemas de la respiración con Georg Ent (1604-1689), uno de los fundadores de la Royal Society que mantenía puntos de vista similares a los de Digby. En su principal trabajo, *Apología pro circulatione sanguini* de 1641, resumía las teorías fisiológicas de su tiempo y afirmaba que existía, en el aire y en el agua, una cierta “cualidad nitrosa” y que esta era la principal razón por la que teníamos que respirar aire. Al pasar a través de los pulmones, la sangre absorbía aire y era llevada luego al ventrículo izquierdo, donde —al igual que ocurre con la combustión— contribuía al sostenimiento del fuego del corazón. Sin el aire, el calor vital se extinguiría como cualquier otra flama. Y el fuego corporal, decía, es alimentado por el nitrógeno del aire.²²

Incluso al interior de perspectivas no directamente comprometidas con la búsqueda del espíritu aéreo vital se hallaba presente la asociación entre aire, calor y vida. La encontramos por ejemplo en Sylvius. Este autor, como mencionamos antes, tomando como punto de partida la teoría de la digestión de van Helmont, concibió ese proceso como un tipo de batalla entre ácidos y álcalis, que culminaba con una neutralización y, seguidamente, extendió esta idea a otros procesos fisiológicos. Sostuvo entonces que la sangre contenía una sal de bilis aceitosa, volátil y alcalina que reaccionaba en el corazón con sangre que contenía espíritus vitales ácidos.²³ El calor animal vital era pues resultado de una eferescencia, de un encuentro entre sustancias ácidas y sustancias alcalinas. De tal manera, podemos ver en este autor la ya consagrada creencia en un espíritu vital contenido en la sangre, aunada en este caso a la teoría ácido-álcali y relacionada por esa vía con el calor vital.

²² Ent, citado por Guerlac, “John Mayow and the Aerial Nitre”, *op. cit.*, p. 253.

²³ Ver Brock, *op. cit.*

Asimismo Nicolas Lefèvre (ca. 1615-1669) —cuyos principios químicos eran la *tria prima* paracelsiana más la *phlema* y la tierra— creía que existía un espíritu universal de la vida, el cual circulaba en la atmósfera de la Tierra y era indispensable para todos los seres vivos. Sin embargo, no identificaba sencillamente este espíritu con el salitre; se trataba más bien de

Un certain sel central, principe radical de toutes les choses, qui est le premier corps dont se revêt l'esprit universel [...]. La nature commence la production de toutes les choses par un sel central & radical, qu'elle tire de l'esprit universel. [Ce] sel hermaphrodite est toujours un principe de vie.²⁴

Ecos de la teoría de la pólvora reaparecen en la obra de Thomas Willis (1621-1675) quien publicó en 1659 un texto acerca de la fermentación. Iatroquímico, usaba con frecuencia analogías químicas; creía por ejemplo que la enfermedad se debía a la fermentación y que la acción de los músculos era un efecto de la reacción de espíritus nitrosos y sulfurosos. Asimismo el calor vital era resultado de la acción de espíritus. En 1670, en *De Sanguinis Incalescentia*, tomó como punto de partida las investigaciones que venían haciéndose en torno al nitro para ofrecer nuevas teorías acerca del calor vital, en las que este se interpretaba como resultado de la reacción química entre los corpúsculos de nitro, contenidos en el aire, y las partículas sulfurosas de la sangre.²⁵

Con Raymond Vieussens (ca. 1635-1715), uno de los principales exponentes franceses de la iatroquímica, nuevamente el nitro adquiere una importancia fundamental en relación a la vida. Este autor sostuvo que la sangre contenía principios activos y pasivos. El principio activo era una sustancia espirituosa impregnada por partículas ácido-salinas volátiles. El espíritu vital, decía, es un licor muy fino difundido por toda la sangre, compuesto principalmente por un aire muy sutil cargado totalmente de partículas nitrosas volátiles.²⁶ Añadía que el “espíritu animal” era el mismo “espíritu vital”, filtrado y rectificado en el cerebro. Pensaba también que su trabajo en torno a la sangre era fundamental ya que lo situaba al final de una búsqueda (que según Debus para entonces duraba ya un siglo) del espíritu vital material. Fludd pensó que había encontrado el espíritu vital “material” en una serie de destilaciones de grano de trigo. En esta búsqueda Van Helmont había examinado la sangre humana y Boyle mismo realizó un análisis minucioso de este líquido. A lo

²⁴ Lefèvre Nicolas, *Cours de Chymie*, tome I, cinquième édition, Jean-Noel Leloup, Paris, 1751, pp. 45-46.

²⁵ Ver Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*, y Clericuzio Antonio, *Elements, Principles and Corpuscles*, International Archives of the History of Ideas, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 2000, p. 150.

²⁶ Vieussens, 1698, citado por Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*, p. 140.

largo de todas estas investigaciones y especulaciones es discernible la tradición paracelsiana de un espíritu aéreo vital, requisito para todas las formas de vida.²⁷

El concepto de espíritu aéreo vital, que poseía raíces neoplatónicas, estoicas y paracelsianas, constituyó —por otro lado— un importante estímulo para el interesante trabajo experimental que se realizaría acerca de la combustión y la respiración en los 1670s. Mientras tanto, aunque quizás de manera no tan sobresaliente como el nitro, el azufre siguió siendo un concepto que ineludiblemente se vinculaba a toda suerte de fenómenos relacionados con el calor. Jean Béguin, por ejemplo, a quien mencionamos al hablar de las afinidades y que había publicado su libro de texto en 1610, adoptaba una postura práctica respecto a la *tria prima*, es decir, consideraba que el mercurio, el azufre y la sal eran los últimos términos de la descomposición química efectuada sobre mixtos naturales y no sustancias necesariamente presentes siempre y en todos los sitios de la misma manera. Pero es notable la importancia que, de todos modos, le concedía al azufre. Este era, según él, un bálsamo dulce, oleaginoso y viscoso, que conservaba el calor natural de las partes, el instrumento de toda vegetación, crecimiento y transmutación. Se compara con el fuego, añadía, porque inflama con facilidad todos los cuerpos aceitosos y resinosos.²⁸ El mercurio, volátil, y la sal, fija, no podían unirse en una misma sustancia sino por medio del azufre; el papel de este era el de disminuir, gracias a su viscosidad, la sequedad de la sal y la liquidez del mercurio, al mismo tiempo que, en virtud de su fluidez blanda, atemperaba la densidad de la sal y la permeabilidad del mercurio. Se trataba pues de un rol instrumental, fundamental sin embargo según Béguin para el crecimiento y la transmutación. El azufre, decía, conserva el calor del cuerpo, y es que junto con la necesidad de aire el otro hecho que se resaltaba en conexión con la vida era el calor; en ese sentido otro ejemplo lo constituye Daniel Duncan (1649-1735), iatroquímico, quien describía los órganos internos como recipientes químicos, en los cuales y a través de los cuales los procesos corporales tenían lugar químicamente. Consideraba esencial en este sentido al calor del cuerpo porque, de la misma forma en que el fuego era el principal instrumento del químico en el laboratorio, así también lo era en el laboratorio natural del cuerpo viviente.²⁹

²⁷ Ver Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.*, p. 140.

²⁸ Béguin, *Éléments de Chimie*, 1610, citado por Metzger, *Les Doctrines Chimiques en France*, *op. cit.*, p. 42.

²⁹ Ver Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.* Sobre el espíritu aéreo vital ver además Guerlac, *Essays and Papers...*, *op. cit.*; Radl, *op. cit.*; Debus, *The English Paracelsians*, *op. cit.*; Sloan, "Natural History 1670.1802", *op. cit.*; Brock, *op. cit.*

Lo que le daba vida al ser humano era, según Paracelso, fuego y aire, al parecer justamente el pneuma de los estoicos. Había en el aire algo, o a través suyo se transmitía, esencialmente vital. Pero la idea de un espíritu vital aéreo se mezcló de diversos modos con otra, con la de la pólvora, para dar lugar a una teoría mucho más amplia. Si inicialmente la teoría azufre-nitro, basada en la composición de la pólvora, daba cuenta solamente de los rayos de las tormentas y de los terremotos en tanto que encuentro explosivo entre azufres y nitros (ya fueran aéreos o situados al interior de la Tierra), se le usó después para identificar al nitro (una suerte de espíritu universal, de ingrediente maestro y poderoso) como la parte del aire fundamental en el crecimiento de vegetales y también como la sustancia cuya inspiración era vital. El calor corporal, en esta perspectiva, era consecuencia del mismo tipo de encuentros explosivos entre nitros y azufres ocurridos en la sangre. De esta manera el concepto de vida parecía hallarse ineludiblemente ligado al calor, la inflamabilidad y explosividad que caracterizaban al azufre-principio, concebido a veces como aceitoso, y a la cualidad preservadora de la carne, del cuerpo finalmente, que se asociaba con el nitro.

4.3 Aire, fuego, azufre

Paralela a la búsqueda paracelsiana de un espíritu aéreo vital —que estimuló el nacimiento de los estudios de pneumática— había también otra perspectiva, proveniente de la tradición analítica y preocupada por la constitución de los mixtos, desde la cual el aire, junto con el fuego a veces, tendía a concebirse como un mero instrumento. De hecho, el aire, excluido de la *tria prima* paracelsiana, había perdido parte de la importancia que le concedía la teoría aristotélica de los cuatro elementos y no era el aire mismo el que se consideraba esencial para la vida, sino algo contenido en él. Étienne de Clave señaló así que el aire era un cuerpo simple, inalterable e incapaz de descomponerse, pero que no se trataba de un elemento ya que no podía combinarse con los otros cuerpos simples; era un ser pasivo cuya única función consistía en llenar el espacio no ocupado por los mixtos. En cuanto al fuego, su papel se debatía ampliamente. Girolamo Cardano, por ejemplo, afirmó ya desde 1556 que el fuego, lejos de ser un elemento, era sólo un modo de movimiento de los átomos; asimismo, más tarde, David van Goorle (1592-1612) sostuvo que ni el fuego ni el aire eran elementos. Desde esta perspectiva trabajaban, entre otros, autores reconocidamente mecanicistas, como Descartes, pero también autores provenientes de la tradición iatroquímica, como van Helmont.

Como sabemos Van Helmont rechazaba el carácter elemental del fuego; desde su punto de vista, no podía ser un material constituyente de los cuerpos; se trataba al contrario de un fenómeno inestable y efímero, un principio de cambio, un agente de la naturaleza que la química utilizaba, pero no una sustancia. El fuego era un instrumento que transformaba las sustancias de modo tal que no podía afirmarse que existieran con anterioridad al proceso de destilación. Pero aunque el aire sí era un elemento, tan intransmutable como el agua, no constituía tampoco un reactivo o ingrediente en la formación de mixtos. Era solamente el sitio en el que ocurrían las transformaciones físicas y químicas; un fluido que no podía comprimirse y a través del cual se propagaban los movimientos. No jugaba pues ningún papel ni en las reacciones químicas ni en la combustión—no era, en otras palabras, “alimento del fuego”—y su acción era en todo caso física y mecánica. En este sentido el aire era para van Helmont, una verdadera hipóstasis del espacio, análoga al éter, cuyo único papel físico consistía en transmitir, de una sustancia a otra, el movimiento, el calor y la luz. Sin embargo se encontraba mezclado con sustancias aeriformes, los gases, entre los que se hallaban los “vapores atmosféricos”, causa material de los meteoros, y también el producto de la combustión del azufre y los vapores de la flama. Las consecuencias del punto de vista helmontiano serían importantes; por un lado, las ideas de van Helmont en torno al fuego habrían acostumbrado a los investigadores a pensar que se trataba de una noción vaga, e incluso que el fuego no era la clave apropiada del análisis; por otro, la negación de todo papel químico para el aire aunada a la noción de gases, conduciría a los investigadores a pensar en la atmósfera como una mezcla de sustancias heterogéneas.³⁰ Ahora bien, van Helmont criticaba la concepción de Galeno según la cual el objeto de la respiración era la refrigeración y creía que, al contrario, su propósito era mantener el calor animal.³¹

4.3.1 *Criaturas y partículas de fuego*

Si por un lado en el siglo XVII se cuestionó fuertemente el uso del fuego en el análisis químico, argumentándose que originaba los objetos que creía estar separando de los mixtos, por otro—junto con el aire— fue concebido asimismo no como elemento, sino como mero instrumento

³⁰ Metzger, *op. cit.* Ver también Debus, *The French Paracelsians*, *op. cit.* y Partington, *op. cit.*

³¹ Partington, *op. cit.*, pp. 50-51.

del movimiento de las partículas. Paralelamente, también, hubo autores que continuaron atribuyéndole materialidad al fuego y al aire.

Así por ejemplo Bertrand, en *Réflexions nouvelles sur l'acide et sur l'alcali* (1683), sostendría junto con otros autores que la química fabricaba en realidad los objetos que creía extraer de otros cuerpos; que los productos de ese arte eran solamente “criaturas del fuego”. Y es que en el terreno de la experimentación seguía en pie la costumbre de buscar en las descomposiciones, sobre todo en aquellas de cuerpos orgánicos, la verdadera constitución de todos los mixtos conocidos.

Simultáneamente, los experimentadores tenían conciencia de que el análisis de los vegetales no conducía a resultados claros y precisos, y de que los principios químicos postulados no podían aislarse de manera perfecta ni definirse satisfactoriamente. Así las cosas, autores como Duclos, Bertrand y Hartsøker apelaron a la teoría de la materia para dar cuenta de los hechos observados en el laboratorio, mientras que otros insistieron en perfeccionar los procedimientos de descomposición de los cuerpos orgánicos, realizando trabajos que les permitieron creer que se hallaban sobre la vía que conduciría al descubrimiento de la verdadera estructura de la materia. Los investigadores buscaron las partículas salinas y las sulfurosas de la materia orgánica, pero no lograron definir experimentalmente estos términos. Y es que los productos de destilaciones sucesivas no parecían muy homogéneos; podían a veces ser objeto de descomposición ulterior y, además, los supuestos cuerpos simples variaban según las circunstancias del análisis. Pero si el análisis de los cuerpos orgánicos no conducía en realidad a seres simples se tendría que rechazar la teoría tradicional de la composición de esos cuerpos y fue entonces que se pensó que la combustión, específicamente el calor o la acción de los reactivos alteraban probablemente de forma profunda la textura de las sustancias orgánicas. Y esto significaba dos cosas; en primer lugar que el químico en lugar de alcanzar una separación de elementos estaba provocando tal vez una transmutación, que las sales, los azufres y los mercurios obtenidos de ese modo eran meras “criaturas del fuego”; y, en segundo lugar, que podía cuestionarse de manera legítima si existía alguna diferencia esencial entre las variadas sustancias materiales o si, al contrario, sus características específicas se debían a las circunstancias de su formación. La experimentación acercó de este modo al químico a la hipótesis de la filosofía natural según la cual, en el fondo, sólo

existía un tipo de materia, ya fuera esta el agua elemental de van Helmont, la materia cartesiana o los corpúsculos boyleanos.³²

Descartes sostenía un punto de vista instrumental acerca del fuego; es decir, para él, como para muchos pensadores mecanicistas, el fuego —lejos de ser un elemento constitutivo— era una consecuencia de la agitación más o menos intensa de las partículas constitutivas de los cuerpos; un fenómeno puramente mecánico del que podía dar cuenta, totalmente, la física del movimiento.

Le corps de la flamme qui agit contre le bois est composé de petites parties qui se remuent séparément l'une de l'autre, d'un mouvement très prompt et très violent, et qui, en se remuant de cette sorte, poussent et remuent avec soi les parties des corps qu'elles touchent et qui ne leur font pas trop de résistance.³³

El calor que el fuego produce sería entonces una sensación provocada en nuestro cuerpo por la violencia del movimiento. Ello significaba que las modificaciones materiales, específicamente las combustiones, se debían a la agitación, al movimiento de las sustancias, punto de vista ante el cual los químicos adoptaron dos diferentes posiciones: una, enraizada en nociones paracelsianas, de acuerdo con la cual había un principio específico, el azufre, que era parte de la constitución de todos los cuerpos inflamables y que se disipaba cuando el cuerpo se quemaba. Otra, que señalaba la inexistencia de fuego en ausencia de aire y que se preguntaba en consecuencia cuál era el papel del aire en los fenómenos de combustión, dado que el aire era en sí mismo incombustible y de ningún modo alimentaba al fuego. En este sentido, Malebranche sostuvo por ejemplo que en la química se producían únicamente reacciones mecánicas, esto es, reacciones de partículas que interactuaban entre sí; en el caso de la combustión lo que ocurría era que las moléculas de aire poseían una forma en virtud de la cual eran capaces de mantener y ampliar el movimiento del fuego. Por otro lado una parte importante de los químicos que se preguntaron si el aire era una causa necesaria de la formación de la flama atribuyeron su acción a las partículas extrañas que había en él y no al aire mismo, siguiendo las ideas de van Helmont.³⁴

Lémery, que como sabemos pensaba que la noción de principio no debía tomarse literalmente sino desde un punto de vista práctico, afirmaba sin embargo que los químicos en sus análisis encontraban dos tipos de principios: pasivos —el agua y la tierra— y activos —el mercurio,

³² Ver Metzger, *op. cit.*

³³ Descartes, *Le Monde ou Traité de la Lumière*, en *Œuvres de Descartes*, tome IV, F. G. Levrault Libraire, Paris, 1824, p. 220.

³⁴ Ver Metzger, *op. cit.*

el azufre o aceite y la sal. Y consideraba que estos últimos eran activos porque eran los responsables de provocar las reacciones en los cuerpos: el mercurio los hacía volátiles, la sal penetrantes o resistentes a la putrefacción, y el azufre combustibles. Es en este sentido que podemos decir que su pensamiento seguía, al menos en parte, atado a la tradición de la filosofía química y, en particular, a las nociones que se derivaban de la observación de los productos de la destilación. Para él el fuego reducía las sustancias a esos cinco principios y era, por tanto, una herramienta válida en la búsqueda de la composición de los mixtos. Ahora bien, al ocuparse del vitriolo observó que cuando esta sustancia se mezclaba con algún otro líquido se producía un gran calor y añadió:

Je crois [...] que si l'eau, ou l'esprit de vitriol, [...] échauffent l'huile de vitriol, c'est qu'ils mettent en mouvement une grande quantité de particules de feu que l'huile de vitriol avait entraînés dans la distillation et qu'elle tenait comme enveloppées.³⁵

En esta afirmación el fuego aparece bajo la forma de partículas, es decir, como una sustancia corpórea que puede combinarse con otras. Se trata de una concepción que también se hizo evidente en la explicación proporcionada por Lémery del aumento de peso en los metales calcinados. Este fenómeno, ya observado por entonces repetidamente, había sido objeto de especulaciones; autores que, como Cardano o Biringuccio, daban cuenta de los metales siguiendo el modelo proporcionado por los seres vivos, sostenían que así como un animal muerto, carente de alma, pesa más que uno vivo —siendo así el principio de la vida un principio de ligereza— al calcinar un metal se le “mortificaba”: su brillo metálico desaparecía, se formaba un polvo —la *calx*— del que desaparecía todo espíritu y, finalmente, sufría con más fuerza que el metal viviente la acción del peso. Pero la mayoría de quienes se ocuparon de este tema atribuían el aumento de peso a la adición de alguna materia extraña a la sustancia metálica, ya fuera el hollín, algún tipo de ácido proveniente del fuego, la sustancia del vaso en el que se realizaba la operación, los vapores o las sales volátiles del carbón, la humedad, etc. También se pensó que durante el proceso la materia del metal se hacía más densa.³⁶ Lémery, en cambio, hizo suya la idea boyleana de que la luz era un cuerpo y la usó para explicar el incremento de peso:

³⁵ Lémery, *Cours de Chymie* (1675), nouvelle édition, Laurent-Charles D'Houry, Paris, 1757, p. 432.

³⁶ Ver Partington, *op. cit.*

Il vaut donc mieux rapporter cet effet à ce que les pores du plomb sont disposées en sorte que les corpuscules du feu, s'y étant insinués, ils demeurent liés et agglutinés dans les parties pliantes et embarrassantes du métal, sans en pouvoir sortir, et ils en augmentent le poids.³⁷

Boyle, por su parte, criticó fuertemente tanto la teoría aristotélica de los cuatro elementos como la teoría paracelsiana de la *tria prima*. Respecto a esta última, por ejemplo, afirmó:

A man need not be very conversant in the writings of the chemists to observe, in how lax, indefinite and almost arbitrary senses they employ the terms of salt, sulphur, and mercury; of which I could never find, that they were agreed upon any certain definitions, or settled notions.³⁸

Esta crítica se hallaba vinculada, al menos parcialmente, al papel del fuego en el análisis químico. En este sentido señaló que el número de productos resultante de la aplicación del fuego, variaba según los medios por los cuales este había sido aplicado, es decir, según se tratara por ejemplo de un procedimiento realizado en un fogón abierto o en una retorta de destilación. Y también sostuvo que no era seguro que cada sustancia extraída de un cuerpo mediante el uso del fuego preexistiera en ese cuerpo como elemento; el fuego no descomponía a las sustancias en sus elementos, sino que al contrario disponía sus partículas constitutivas para dar lugar a compuestos distintos. El método de análisis por fuego era totalmente inadecuado para demostrar que las sustancias estuvieran todas compuestas por los mismo elementos. Sin embargo sostuvo, contra Descartes, que la luz era un cuerpo, los rayos de sol algo material, y la flama una materia luminosa que, en algunos casos, podía combinarse con otros cuerpos y, en consecuencia, adjudicó la ganancia de peso de los metales ocurrida en la calcinación a la adición de partículas de fuego que se habían incorporado a los metales. El fuego no era para Boyle un elemento en el sentido tradicional, o por lo menos no podía mostrarse que ese fuera el caso, pero sí se trataba de una sustancia constituida por átomos extremadamente sutiles, con masa y sin embargo capaces de atravesar el vidrio. Esta idea no carecía de justificación experimental: al calentar cal viva había observado que —al igual que los metales al calcinarse— su peso se incrementaba y pensó que ese incremento provenía de los átomos de fuego. Sin embargo su concepción distinguía entre la luz y la flama, por un lado, y el calor por otro; al igual que muchos otros científicos ingleses aceptaba la idea de que ese último fenómeno se debía simplemente al movimiento de las partículas y, en consecuencia, el fuego consistía para él de partículas pequeñas y sutiles que, además, se hallaban en violento movimiento.

³⁷ Lémery, *op. cit.*, p. 92.

³⁸ Boyle, "Of the Imperfection of the Chemist's Doctrine of Qualities" en *The Works of the Honourable Robert Boyle*, vol. IV, London, 1772, p. 273.

Fire, which is the hottest body we know, consists of parts so vehemently agitated, that they perpetually and swiftly fly abroad in swarms, and dissipate or shatter all the combustible bodies they meet with in their way.³⁹

Aunque Boyle no relacionó combustión y calcinación, sí vinculó la respiración y la combustión. Realizó una serie de experimentos con la bomba de aire; en estos experimentos tanto la respiración como la combustión cesaban sin ninguna disminución perceptible del volumen de aire. Con base en esto se atrevió a concluir solamente que el aire era responsable tanto del mantenimiento del fuego como de la vida de algún modo todavía no comprendido. Encontró asimismo que un pollo podía vivir en una atmósfera en la que ya no podía arder una vela y pensó que, quizás, podía haber dos sustancias distintas en el aire, una que permitía la combustión y otra la respiración. En todo caso el aire común debía contener sólo una diminuta proporción de “sustancia vital” —de la fracción o fracciones responsables de la conservación del fuego y de la respiración. De hecho, en su primera publicación científica conjeturaba que el aire poseía “algo” que lo hacía necesario para la vida de los animales, y que ese “algo” era tal vez un “pequeña quintaesencia vital” que restauraba los espíritus vitales. Asimismo, apoyaba esa conjetura citando la afirmación de Paracelso según la cual, del mismo modo en que el estómago consumía la carne y hacía que parte de ella se volviera útil para el cuerpo, rechazando otra, los pulmones consumían parte del aire y desechaban el resto. En otro texto, luego de observar que este proceso no parecía hacer disminuir la elasticidad del aire, añadió:

And this undestroyed springiness of the air seems to make the necessity of fresh air to the life of hot animals, (few of which, as far as I can guess after many trials, would be able to live two minutes of an hour, if they were totally and all at once deprived of air), suggest a great suspicion of some vital substance, if I may so call it, diffused through the air, whether it be a volatile nitre, or (rather) some yet anonymous substance, sydereal or subterranean, but not improbably of kin to that, which I lately noted to be necessary to the maintenance of other flames.⁴⁰

Y es que mientras van Helmont había acuñado el concepto de gases para nombrar las sustancias observadas bajo la forma de burbujas al disolver metales en ácidos, la escuela británica de neumática, encabezada por Boyle, pensaba que tales gases no eran más que aire modificado, pero, al mismo tiempo, y en oposición a la idea de que el aire fuera un elemento que se combinara con otros, creía que podía haber suspendidas en el aire partículas de químicos. El aire no era pues

³⁹ Boyle, “Of the Mechanical Origin or Production of Heat”, en *The Works...*, *op. cit.*, p. 245.

⁴⁰ Boyle, “Suspensions about Some Hidden Qualities in the Air”, en *The Works...*, *op. cit.*, p. 91.

una entidad química desde el punto de vista de Boyle, sino un fluido elástico peculiar en el que flotaban las diferentes partículas reactivas responsables de fenómenos como el de la respiración.⁴¹

Las ideas de Boyle en torno al carácter corporal de la luz fueron adoptadas no sólo por Nicolas Lémery sino también, entre otros, por autores como Homberg y Louis Lémery (1677-1743). La concepción de Homberg es particularmente interesante; mezclando nociones boyleanas y corpuscularistas con la tradición paracelsiana, identificó el azufre, como principio de combustibilidad, con la materia de la luz. Al igual que el azufre, principio activo, la luz —dijo— se hallaba siempre activa y en movimiento. Esta materia de la luz podía ser capturada y fijada en los cuerpos, como por ejemplo al calcinar mediante una lupa *regulus* de antimonio o al calentar mercurio en una vasija de vidrio sobre el fuego.

Nous avons un fait incontestable qui confirme ce que je viens de dire, & qui prouve que la matière de la lumière seule, & sans l'approche ou le mélange de quelque matière combustible, se peut introduire dans un corps, y rester, le rendre plus fixe & l'augmenter considérablement de poids; c'est la calcination du regule d'antimoine aux rayons du Soleil par le miroir ardent.⁴²

Cuando este azufre se combinaba con sustancias orgánicas las hacía susceptibles de quemarse y se disipaba bajo la forma de luz durante la combustión; al añadirse a las sustancias metálicas, las transformaba en una *calx* sin brillo y más pesada. El azufre-principio no era idéntico al azufre común; sin embargo existía conexión entre ellos. Para Homberg, este último estaba formado por una sal ácida, una tierra, una materia grasa o bituminosa y un poco de metal. Su volatilidad era producida por la parte grasosa y aceitosa en su composición; una tierra grasa bituminosa que, al enfriarse, adquiriría una consistencia de goma —al parecer la parte verdaderamente inflamable y sulfurosa del azufre.⁴³

Por su parte Louis Lémery afirmó en 1709 que la materia del fuego era una sustancia corpórea y, además, el disolvente más potente de los cuerpos “terrestres”.⁴⁴ La materia del fuego podía jugar un papel doble para este autor: en tanto parte integrante de la composición de los cuerpos inflamables explicaba la pérdida de peso de los cuerpos al quemarse, pero también daba cuenta del aumento de peso ocurrido en la calcinación.

⁴¹ Ver Mckie *op. cit.*, Salzberg *op. cit.*, Brock *op. cit.*, Partington *op. cit.*, Guerlac “The Poet's Nitre” *op. cit.*, Metzger, Stahl, Boerhaave et la *Doctrine Chimique*, y Metzger, *Les Doctrines Chimiques en France*, *op. cit.*

⁴² Homberg, “Du Souphre Principe”, en *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Année 1705, Paris, 1730, p. 94.

⁴³ *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1703, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 403.

⁴⁴ Louis Lémery, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 382.

Esta explicación de corte boyleano no era la única que se sostenía. En el ensayo de 1630 titulado "Sur la Recherche de la cause pour laquelle l'Estain & le Plomb augmentent de poids quand on les calcine" Jean Rey (c. 1582 - c. 1645) había afirmado que el aumento de peso en cuestión se debía a la adición de un aire denso a la sustancia metálica:

This increase in weight comes from the air, which in the vessel has been rendered denser, heavier, and in some measure adhesive, by the vehement and long-continued heat of the furnace: which air mixes with the calx (frequent agitation aiding) and becomes attached to its most minute particles.⁴⁵

Partidario de la teoría de los cuatro elementos, Rey sostuvo asimismo que el fuego, aunque poseedor de una ligereza relativa, era un constituyente de los mixtos y del mundo. Y uno de los críticos de Boyle, Samuel Cotterau du Clos, atribuyó en 1677 el aumento de peso ocurrido durante la calcinación no a las partículas de fuego, sino a partículas sulfurosas.⁴⁶

Así encontramos en el siglo XVII una tendencia a concebir al aire y al fuego como instrumentos, meros transmisores del movimiento de las partículas, y no como elementos capaces de combinarse químicamente con otros. En el caso del aire, se pensó que eran las sustancias extrañas contenidas en él las que en todo caso contribuían a la producción de la flama o a la respiración. En cuanto al fuego, se cuestionó su papel como clave del análisis químico y se pensó que, lejos de descomponer a una sustancias en sus elementos constitutivos, los transformaba dando lugar a "criaturas del fuego". Pero estas ideas no fueron sostenidas unánimemente; de manera paralela, autores como Boyle, Lémery y Homberg vieron en el fuego una sustancia formada por partículas, que podía combinarse con otras, y Rey afirmó que, durante la calcinación, el aire se mezclaba efectivamente con otros cuerpos.

4.3.2 Partículas nitro-aéreas

A finales del siglo XVII, con los trabajos de Hooke y de Mayow, la idea de que había algo en el aire esencial para la combustión y la respiración fue objeto de nuevos desarrollos. Desde el punto de vista de lo que luego sería conocido como la teoría nitro-aérea, no era el aire-elemento el que jugaba el papel vital en ambos procesos sino solamente una fracción de este, considerada de

⁴⁵ Rey Jean, 1630, "On an Enquiry into the Cause wherefore Tin and Lead Increase in Weight on Calcination", en <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/rej.html>.

⁴⁶ Du Clos, "Dissertation sur les principes des mixtes naturels", *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1677, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 397.

carácter nitroso. Mientras que por un lado resulta evidente la influencia de la noción paracelsiana de espíritu aéreo vital en esta concepción, por otro, simultáneamente, tenía también raíces en la teoría meteorológica azufre-nitro.

Así, Robert Hooke (1635-1703) fue ya contundente con respecto al papel del aire en relación a la combustión y a la vida.

Fresh Air [...] is the Life of the Fire and without a constant Supply of that it will go out and die. Somewhat like this observable in the Life of Animals, who live no longer than they have a constant Supply of Fresh Air to breath, and, as it were, blow the Fire of Life.⁴⁷

Hooke argumentó que ya que ciertas mezclas combustibles que contenían salitre ardían bajo el agua, es decir, en ausencia de aire, el aire común y el nitro debían contener un componente que permitía la combustión.⁴⁸ Asimismo realizó una serie de experimentos entre 1661 y 1674 acerca de la combustión y la respiración; en ellos, quemó diferentes materiales en vasos cerrados y en presencia de agua, y encontró que cuando una parte significativa del aire se consumía —lo cual se mostraba en la disminución de su volumen— la combustión cesaba. Y lo mismo ocurría para la respiración. Este resultado, opuesto al obtenido por Boyle que no había encontrado disminución en el volumen de aire,⁴⁹ le permitió apoyar su teoría de que el aire contenía una sustancia esencial tanto para la respiración como para la combustión y a continuación pensó que esa parte esencial era semejante al salitre. Y es que la teoría de la combustión de Hooke se hallaba influida hasta cierto punto por la teoría ácido-álcali de Sylvius, pero sobre todo por la teoría meteorológica azufre-nitro.⁵⁰ Hooke retomó la idea de que las tormentas eléctricas eran una reacción entre las partículas sulfurosas y nitrosas contenidas en el aire y, por tanto, análogas a la explosión de la pólvora, así como la idea de que las partículas nitrosas, en particular, eran las responsables de la nieve, del granizo y la vitalidad de los vegetales. Este tipo de ideas, como intentamos mostrar, tenían sus antecedentes en la obra de autores como Paracelso y Sendivogius. Ahora bien, en la versión de Hooke el aire se presentaba como un “disolvente universal” de los cuerpos sulfurosos:

⁴⁷ Hooke Robert, “Lectures of Light” (1681), en *The Posthumous Works of Robert Hooke*, 2nd ed., F. Cass, London, 1971, p. 111.

⁴⁸ Hooke presentó este argumento en “A Discourse of the Nature of the Comets” (1682), *The Posthumous Works of Robert Hooke*, 2nd ed., F. Cass, London, 1971, p. 169.

⁴⁹ La diferencia en los resultados experimentales de Boyle y de Hooke se explica actualmente en los siguientes términos: Boyle no registró disminución en el volumen de aire porque el oxígeno era remplazado por un volumen igual de bióxido de carbono. En contraste, Hooke realizó sus experimentos en presencia de agua, la cual absorbía el bióxido de carbono.

⁵⁰ Ver “A General Scheme or Idea of the Present State of Natural Philosophy”, en Hooke, *op. cit.*, pp. 46 y 50.

The dissolution of sulphureous bodies is made by a substance inherent, and mixt with the Air, that is like, if no the very same, with that which is fixt in Salt-peter.⁵¹

En el proceso de disolución se producía una gran cantidad de calor y fuego y, al mismo tiempo, la materia sulfurosa disuelta se liberaba en el aire. Así pues este, gracias a que contenía algo que también existía en el salitre, disolvía los cuerpos combustibles como tales y el calor producido era un calor de solución, análogo al resultante de la disolución de ácido sulfúrico en agua. Esa sustancia común al aire y al nitro tenía el poder, según Hooke, de disolver y poner en movimiento los cuerpos grasos, sulfurosos y combustibles y era, específicamente, un espíritu nitroso aéreo y volátil. Al hablar de los vapores emanados de los cometas sostuvo que había en ellos al menos dos sustancias; la primera de ellas era nitrosa:

First a Nitrous, such as is every where to be found in the Air, and is perhaps that part which may most properly be called the Vital part thereof, which supplies the *Menstruum* to burning and flaming Bodies; and that which continues the Life, Heat and Motion of all Animals and Vegetables.⁵²

En esta teoría se hallaban ya pues definitivamente vinculadas la respiración y la combustión; la inflamabilidad con una cierta parte del aire y esta parte, a su vez, con el nitro. Y es que hacia finales del siglo XVII, para los químicos, una característica esencial de muchas sales era que producían en procesos de destilación un espíritu ácido y corrosivo, el cual, en una solución acuosa, proporcionaba a su vez los menstruos o solventes más importantes: el espíritu de sal, el espíritu de vinagre y el espíritu de nitro (*aqua fortis*). Boyle por ejemplo pensaba que esos espíritus ácidos eran sales y que la volatilidad de una sustancia mostraba lo salino de su naturaleza. Es decir que las características salinas de una sustancia no implicaban un estado sólido y, al contrario, se creía que ocasionaban su volatilidad. El ingrediente volátil en sustancias sólidas tales como el nitro, el vitriolo o la sal marina era, para esos químicos, el que representaba a la verdadera sal. En consecuencia cuando Hooke hablaba de una sustancia en el aire, la misma quizás que se hallaba fija en el salitre, estaba pensando en un espíritu salino por lo menos muy parecido al del espíritu del nitro.⁵³

Pero fue John Mayow quien desarrolló de forma más completa la teoría nitro-aérea y la usó para explicar un rango muy amplio de fenómenos que incluía la respiración, el calor y las flamas de

⁵¹ Hooke, *Micrographia*, Martyn & Allestry, London, 1665, p. 103.

⁵² Hooke, "A Discourse of the Nature of the Comets" (1682), en *The Posthumous Works of Robert Hooke*, 2nd ed., F. Cass, London, 1971, p. 169.

⁵³ Mckie *op. cit.*, Salzberg *op. cit.*, Brock *op. cit.*, Partington *op. cit.*, Metzger *op. cit.*, Guerlac "John Mayow and the Aerial Nitre", *op. cit.*

la combustión, la calcinación, la delicuescencia, el calor animal, el color de la sangre arterial y fenómenos meteorológicos. En 1668 Mayow había publicado un tratado, *De Respiratione*, en el que conjeturaba que ciertas partículas sutiles y vitales que abundaban en el aire eran comunicadas a la sangre; denominó a esas partículas “nitro aéreo” y las situó entre la clase de las partículas salinas. Posteriormente publicó en el *Tractus Quinque Medico-Physici* de 1674 una serie de experimentos en los que, en lugar de la técnica experimental ordinaria que empleaba aire en vasos sellados, utilizaba aire confinado por agua. Así mostró que cuando una vela ardía al interior de un vaso invertido y sumergido en agua, el nivel de esta se elevaba y que lo mismo ocurría cuando sustituía a la vela por un ratón; además mostró que una mezcla de salitre y material combustible ardía incluso en el vacío. Concluyó entonces que el salitre, o una parte de él, era necesario tanto para la combustión como para la respiración. La parte que se consumía en sus experimentos, pensó, era la parte nitrosa del aire, como resultado de lo cual este perdía su elasticidad:

Hence it is manifest that air is deprived of its elastic force by the breathing of animals very much in the same way as by the burning of the flame. And indeed we must believe that animals and fire draw particles of the same kind from the air.⁵⁴

El aire estaba formado pues por dos partes: una gran masa inerte, el aire mismo, y una proporción más pequeña de partículas “fermentativas” muy activas. Estas, las partículas nitro-aéreas o espíritu nitro-aéreo eran las que hacían que al aire fuera apto para la respiración y constitúan también el principal agente de la combustión. Explicaban el hecho de que se requiriera aire para que algo se quemara. Ya que todo cuerpo combustible contenía partículas sulfurosas, el calor producido en la combustión se debía a la violenta colisión de partículas sulfurosas y nitro-aéreas. Asimismo el calor animal era resultado de la fermentación, tanto en el corazón como en la corriente sanguínea, de las partículas sulfurosas de la sangre con las partículas nitro-aéreas inspiradas junto con el aire. La contracción de los músculos se debía a la “explosión” resultante del encuentro entre las partículas nitrosas, ahora contenidas en la sangre arterial, y el “espíritu volátil de la sangre”, efecto explosivo aumentado por la presencia en la sangre, como ya dijimos, de partículas sulfurosas y nitrosas. La pólvora ardía en el vacío o bajo el agua porque las partículas nitro-aéreas eran proporcionadas por el nitro; es decir, porque este aportaba lo que habitualmente proporcionaba el aire. La calcinación recibía una explicación basada en las mismas ideas; lo que ocurría durante este proceso era una

⁵⁴ Mayow, extractos del *Tractatus Quinque Medico-Physici*, 1674, traducido como *Medico-Physical Works*, Oxford, 1926, en <http://webserver.keymone.edu/faculty/giunta/mayow.html>.

adición, mecánica, de partículas nitro-aéreas al metal, adición que traía consigo el conocido incremento de peso. Esta teoría, que se derivaba de manera inmediata de la teoría de la combustión de Hooke y de manera más indirecta de las especulaciones de Boyle y de nociones paracelsianas, se hallaba impregnada por el animismo que ya observamos en relación a las afinidades. En consecuencia la postura de Mayow representa para algunos autores una suerte de retorno a un mundo dualista de principios y poderes ocultos, en el que la *tria prima* paracelsiana se remplazaba por el azufre y el nitro, y en particular por la teoría azufre-nitro. Aunque en efecto Mayow sostiene que

The nitro-aerial spirit and sulphur are engaged in perpetual hostilities with each other, and indeed from their mutual struggle when they meet and from their diverse state when they succumb by turns all the changes of things seem to arise⁵⁵

habría que preguntarse mejor si la perspectiva renacentista de fuerzas y poderes que animaban al universo había desaparecido del todo alguna vez. La idea de un agente nitroso en el aire, que se remonta en última instancia por lo menos hasta Paracelso, y usos semejantes al de Hooke y el de Mayow eran todavía muy habituales en el siglo XVII. La teoría fisiológica del nitro-aéreo se conocía en ese siglo a través de la obra de Seton y de Sendivogius; de estos autores había pasado primero a Ent, luego a Digby y finalmente a Hooke y Mayow. Gassendi, por su parte, había discutido también el papel de las partículas nitrosas en la producción de relámpagos y truenos y había ofrecido la primera descripción detallada de la acción congelante del nitro del aire; el aire, decía, era producto de los corpúsculos frigoríficos de naturaleza nitrosa, que en invierno producían nieve y en verano, granizo. A finales del siglo XVII un amplio número de opiniones en torno a la teoría azufre-nitro, incluyendo las propiedades frigoríficas y nutritivas del nitro del aire, habían sido reunidas en una forma sistemática por William Clarke en su *Natural History of Nitre*; este autor atribuía precisamente a Sennert y a Gassendi la introducción de tales ideas en Inglaterra. Por último, vale la pena notar en todo caso que las partículas nitro-aéreas eran, para Mayow, un tipo de corpúsculos especialmente activos y que, a fin de expresar esta característica, fueron llamadas por él “igno-aéreas” también; por ejemplo:

It is not to be supposed that the air itself, but only is more active and subtle part is the igneo-aerial food.⁵⁶

⁵⁵ Mayow, citado por Guerlac, “The Poet’s Nitre”, *op. cit.*, p. 261.

Con las partículas nitro-aéreas de Hooke y de Mayow encontramos, una vez más, el aire y la vida estrechamente vinculados.

4.3.3 Instrumentalismo

La visión instrumental de los elementos, del aire y del fuego en particular, fue central para la química francesa de mediados del siglo XVIII. Esta visión tiene antecedentes en la obra de Becher y Stahl. Y es que el instrumentalismo, punto de vista desde el cual alguno o varios de los elementos en lugar de jugar un papel en las reacciones químicas tenía como función únicamente poner en movimiento a los reactivos, fue adoptado antes por esos dos autores. Para Becher el aire y el fuego eran solamente instrumentos o agentes del cambio; sin embargo, aceptaba que se hallaban incorporados —alojados, por decirlo así— en las composiciones de los reinos vegetal y animal, composiciones más complejas que las de los minerales.

Stahl le negó explícitamente al aire toda propiedad química; el aire, desde su punto de vista —que anticipaba la teoría instrumental de los cuatro elementos— era incapaz de combinarse con, o de fijarse químicamente en, sustancias sólidas o líquidas. Pero por otro lado, transformó y generalizó la química al situar en los cuerpos combustibles el principio mismo de la combustibilidad. Y es que, como sabemos, la teoría del flogisto afirmaba la existencia de un principio en todos los cuerpos combustibles, el flogisto precisamente, que se desplazaba o se disipaba durante la combustión; además, desde este punto de vista, la calcinación y la combustión eran procesos esencialmente idénticos. El flogisto, decía Stahl, era “the corporeal fire, the essential fire material, the true basis of fire movement in all inflammable compounds”.⁵⁶ Este término había sido usado tal vez por primera ocasión en los escritos de Hapelius (1559-1626), y ya también Sennert lo había empleado para referirse al azufre filosófico y, de hecho, a pesar de que Becher rechazó explícitamente la *tria prima* paracelsiana, muchos historiadores ven en el flogisto una nueva forma de nombrar el azufre-principio. Es común referirse a la tradición intelectual stahlina como una tradición paracelsiana: la aceptación de los elementos, de las tres tierras en este caso, como portadoras de propiedades, debe mucho probablemente a sus predecesores paracelsianos.

⁵⁶ Mayow John, extractos del *Tractatus Quinque Medico-Physici*, *op. cit.* Sobre Mayow ver Metzger, *Les Doctrines Chimiques en France*, *op. cit.*, Mckie *op. cit.*, Salzberg *op. cit.*, Brock *op. cit.*, Partington *op. cit.*, Guerlac “John Mayow and the Aerial Nitre”, *op. cit.*, Guerlac “The Poet’s Nitre”, *op. cit.*

⁵⁷ Stahl, 1716, *Zufällige Gedanken und nützliche Bedencken...*, en <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/stahl.html>

Sin embargo, la química francesa vio en el flogisto la materia de la luz fijada en los cuerpos. Azufre-principio o luz fija, desde el punto de vista stahliano la teoría aristotélica de los cuatro elementos —y con ella el fuego— adquirió un nuevo papel; la vieja teoría de los cuatro elementos, afirmó este autor, no es absolutamente demostrativa. Los supuestos cuatro elementos no son los materiales de un mixto, pero sí son necesarios para que se produzca una mezcla. Sería más adecuado llamarlos instrumentos de las mezclas y las disoluciones.⁵⁸

Esta concepción instrumental se aplicaba en particular al aire y al fuego; la tierra —las tres tierras— y el agua sí eran consideradas por Stahl como capaces de combinarse entre sí; el agua era un ingrediente de los mixtos animales y vegetales. La tierra y el agua, entonces, además de sustancias instrumentales eran también elementos o constituyentes de la materia. En cuanto a las tierras —componentes únicos de metales y minerales— la primera de ellas, la vitrificable, constituía la base o principio más importante contenido en la sustancia salina y es que las sales estaban formadas precisamente por ese tipo de tierra y agua. La segunda tierra de Becher, a la que Stahl nombró flogisto, era una tierra que se distinguía de la primera por su blandura y humedad y que se manifestaba en los “cuerpos grasosos” del reino mineral, tales como el azufre y los carbones de tierra. No obstante las afirmaciones stahlianas, a muchos químicos franceses les parecía evidente que esta tierra se asemejaba tanto al fuego en potencia de los aristotélicos como al azufre de Paracelso; D’Holbach,⁵⁹ en su prefacio a la traducción francesa del *Traité du Soufre* de Stahl, afirmaba así en 1766 que, con anterioridad a Stahl los químicos, y sobre todo los seguidores de Paracelso, aceptaban un principio de esta especie al que llamaban “principio sulfuroso” o azufre. Este principio podía encontrarse en diferentes estados en los tres reinos y era el principio de sus colores y sus olores; además era el que hacía maleables a los metales. Reconociéndolo como “principio sulfuroso” en el ensayo antes mencionado, Stahl añadía que se si no se hallaba mezclado, no producía fuego; se disipaba en partículas indivisibles o producía calor, es decir, fuego muy dividido. En consecuencia su nombre más adecuado era el de materia o principio inflamable; en griego, *phlogiston*. En los vegetales el flogisto se unía a la parte acuosa por medio de una sustancia salina muy sutil, de modo tal que tanto este reino como el animal contenían ese principio en gran abundancia: todas sus partes se hallaban penetradas por él e íntimamente combinadas con

⁵⁸ Stahl, 1720, citado por Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave, op. cit.*, p. 109.

⁵⁹ D’Holbach, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 164.

él. Aunque en el agua, la sal común, la sal vitriólica pura, la arena y las piedras prácticamente no había flogisto, en el carbón de tierra y en el bitumen había mucho. El azufre mismo se hallaba repleto. El flogisto era en este sentido un ser real y permanente, distinto del azufre ordinario y no un mero símbolo de una propiedad de los cuerpos combustibles. Además de sus características grasosas y de su capacidad de conferir maleabilidad, además de su papel en la combustión, el flogisto tenía otra propiedad: al diseminarse en la atmósfera como resultado de la combustión no se perdía por completo; al contrario, disperso en el aire, era absorbido por las plantas durante su crecimiento y de ahí pasaba al reino animal y retornaba también al reino mineral. En otras palabras, el flogisto parece ser identificado aquí como una sustancia que, contenida en el aire, contribuía al sostenimiento de los reinos vegetal y animal, por un lado; por otro, con su circulación continua entre los tres reinos, muestra que la química stahliana también en este aspecto tenía fuertes influencias de la visión renacentista en la que era el modelo de lo vivo el que permitía entender a lo bruto, a lo inorgánico. Y es que era el reino vegetal el que lograba en primer lugar mezclar los otros elementos con el flogisto.

En resumen, en la doctrina stahliana el aire no jugaba ningún papel químico y esta objeción a admitir que el aire fuera un principio constitutivo de las sustancias químicas sería sostenida y difundida por sus discípulos más rigurosos. Esto contribuyó a que, a diferencia de lo que ocurría en Gran Bretaña, en Francia los químicos seguidores de Stahl adoptaran una actitud indiferente hacia los descubrimientos de van Helmont y de Boyle en torno a gases, vapores y aires producidos en las reacciones químicas. En contraste el aire, junto con el fuego, fue concebido como uno de los principales instrumentos del movimiento del que dependía el cambio químico. El flogisto, por su parte, se presentaba como una suerte de principio portador de cualidades (grasosas y de maleabilidad entre ellas); no era el fuego mismo, ni tampoco el azufre-principio exactamente, pero explicaba la combustión y la calcinación; disperso en el aire, contribuía al crecimiento de los seres vivos; dividido en partículas muy finas, producía calor. Era el principio que ocasionaba el movimiento del fuego-instrumento y circulaba continuamente entre los reinos vegetal, animal y mineral.⁶⁰ La visión instrumental del aire y el fuego de Stahl, aunada a las ideas de Boerhaave, le daría forma a la química francesa de la cual la propuesta química de Buffon es heredera.

⁶⁰ Ver también Guerlac, *Lavoisier-The Crucial Year*, *op. cit.*, Thackray, *op. cit.*, Brock, *op. cit.*, Salzberg *op. cit.*, Partington *op. cit.*, Metzger, *Les Doctrines Chimiques en France*, *op. cit.*

4.3.4 Éter

Algunas ideas de Newton contribuyeron, sin embargo, a concederle otro papel al aire; en *Opticks*, específicamente, escribió que los cuerpos sólidos podían rarificarse hasta convertirse en aire y que este, a su vez, podía reconvertirse en sólido. Asimismo, Newton planteó una serie de pistas, especulaciones y cuestiones en torno al éter, que influirían profundamente en el pensamiento del siglo XVIII, sobre todo después de la publicación de la carta a Boyle (1678-9), en 1744. Lo que caracterizaba al éter era su excesiva sutilidad, su fluidez, su imponderabilidad y su composición a partir de diminutas partículas repelentes. El éter era además el principio activo de cambio químico. Durante la segunda mitad del siglo XVIII los fluidos etéreos jugarían un papel vital en el trabajo de los filósofos naturales que intentaban desarrollar teorías satisfactorias para explicar fenómenos como el calor, la luz, el fuego, el magnetismo y la electricidad. Vale la pena notar que, en la medida que tales teorías concedían un lugar central a la noción de fluido imponderable, durante toda esa etapa y desde esa perspectiva se desafió el papel de las mediciones de peso en química. La cuestión del peso del flogisto, en este contexto, no resultaba una anomalía demasiado importante.

En el terreno de la transmutabilidad de los cuerpos las ideas de Newton fueron influidas tanto por Boyle como por van Helmont. Como Descartes, Boyle y van Helmont, Newton pensó que la materia era siempre y en todo lugar la misma, y que entre los diferentes aspectos que revestía no había diferencias irreductibles. Vinculándose específicamente a ideas helmontianas Newton sugirió, particularmente en *Opticks*, que la materia tenía su origen en el agua y que todas las cosas crecían a partir del agua y retornaban, mediante putrefacción, a ella. Asociándose a ideas paracelsianas, presentó a la naturaleza como “una obrera perpetua”: la naturaleza, sostuvo, parecía deleitarse con las transmutaciones: cambiaba los cuerpos en luz y la luz en cuerpos; al agua la transformaba en vapor, mediante el calor, y en hielo, mediante el frío; convertía la tierra en fuego y la reconvertía en tierra otra vez; haciendo uso de la fermentación, rarificaba los cuerpos en diferentes tipos de aire, y así sucesivamente. Acerca del agua, afirmó:

All Birds, Beasts and Fishes, Insects, Trees, and other Vegetables, with their several Parts, grow out of Water and watry Tinctures and Salts, and by Putrefaction return again into watry Substances.⁶¹

Como sabemos, a esta imagen de la naturaleza añadió sus mecanismos de atracción y repulsión; estos mecanismos, entendidos por sus seguidores como poderes inherentes a la materia, y en algún

⁶¹ Newton, *Opticks*, op. cit., Query 30, p. 375.

momento atribuidos por él mismo a un “espíritu sutil” difundido por todo el universo, replazarían las influencias astrales de Paracelso y al *blas* de van Helmont como las causas del cambio y del movimiento.

En cuanto al aire, Newton apoyó la teoría de que contenía un nitro y el uso de esta perspectiva para dar cuenta de diversos fenómenos meteorológicos, a pesar de que había sido muy criticada. En la *Query* 31, de hecho, escribió que en el interior de la Tierra había abundantes vapores sulfurosos, los cuales fermentaban con minerales y, a veces, entraban en ignición produciendo explosiones y movimientos de tierra. El vapor generado por tales explosiones y expelido a través de los poros de la superficie del planeta, producía tempestades, huracanes y deslizamientos de tierra. Notablemente, el componente sulfuroso jugaba, junto con el nitroso, un importante papel tanto en la explicación de truenos y relámpagos, como en la del fuego y el latido del corazón:

Also some sulphureous Steams, at all times when the Earth is dry, ascending into the Air, ferment there with nitrous Acids, and sometimes taking fire cause Lightning and Thunder, and fiery Meteors. For the Air abounds with acid Vapours fit to promote Fermentations, as appears by the rusting of Iron and Copper in it, the kindling of Fire by blowing, and the beating of the Heart by means of Respiration.⁶²

Asimismo, en la carta a Boyle antes mencionada, Newton había escrito que las continuas fermentaciones que tenían lugar en las entrañas de la Tierra daban lugar a “sustancias aéreas” provenientes de todo tipo de cuerpos, sustancias que a su vez constituían la atmósfera. El “aire verdadero” era la parte mayor, pero inactiva de esta atmósfera:

The air is also the most gross unactive part of the atmosphere, affording living things no nourishment, if deprived of the more tender exhalations and spirits, that float in it.⁶³

Ahora bien: el aire tenía además la capacidad de convertirse en cuerpo sólido, así como los cuerpos sólidos podían convertirse en aire.

Dense Bodies by Fermentation rarify into several sorts of Air, and this Air by Fermentation, and sometimes without it, returns into dense Bodies.⁶⁴

⁶² Newton, *Opticks*, *op. cit.*, *Query* 31, pp. 379-380. Brock cita, sin señalar su fuente, otro pasaje de Newton en el que este aclarara, con respecto a esa parte “sutil” y “más útil” del aire que es esencial para la respiración, lo siguiente: “I suspect, moreover, that is chiefly from the comets that spirit comes, which is indeed the smallest but the most subtle and useful part of the air, and so much required to sustain the life of all things with us”. Brock, *op. cit.*, p. 75.

⁶³ “Carta de Newton a Boyle”, febrero 28 de 1678-69, publicada en 1744, en *Isaac Newton's Papers & Letters on Natural Philosophy and related documents*, ed. I. Bernard Cohen, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1958, p. 253.

⁶⁴ Newton, *Opticks*, *op. cit.*, *Query* 30, pp. 375.

Las partículas, añadió más adelante en la misma *Query* 31, al ser expelidas de los cuerpos mediante calor o fermentación lograban escapar del alcance del poder atractivo del cuerpo en cuestión; en ese momento se separaban de él y entre ellas con gran fuerza, hasta llegar a cubrir un espacio un millón de veces mayor que el que ocupaban cuando eran un cuerpo sólido. Esta enorme expansión, precedida por una enorme contracción, decía Newton, no podía explicarse excepto mediante la existencia de un poder repulsivo. Ahora bien: las partículas de los fluidos que no se hallaban cohesionadas demasiado fuertemente, y cuya pequeñez las hacía susceptibles del movimiento que constituía precisamente la fluidez, se podían rarificar fácilmente en vapor: eran volátiles. Pero las partículas que mayores, menos susceptibles de agitación, cohesionadas mediante una atracción más fuerte, para separarse necesitaban de un calor mayor o de fermentación. Estos eran los cuerpos fijos que, una vez rarificados por fermentación, se convertían en aire permanente verdadero. De esta manera, haciendo uso de los principios de atracción y repulsión, Newton dio cuenta de la fijeza y de la volatilidad de los cuerpos.

También en las *Queries* Newton postuló la naturaleza corporal de la luz, al concebirla como poseedora de masa y sometida a la ley universal de atracción. Sugirió en la *Query* 29 que los rayos de luz eran cuerpos muy pequeños, emitidos por sustancias que brillaban y, en la *Query* 30, que los cuerpos podían transformarse en luz y la luz en cuerpos.

The changing of Bodies into Light, and Light into Bodies, is very conformable to the Course of Nature, which seems delighted with Transmutations. Water, which is a very fluid tasteless Salt, she changes by Heat into Vapour, which is a sort of Air, and by Cold into Ice, which is a hard, pellucid, brittle, fusible Stone; and this Stone returns into Water by Heat, and Vapour returns into Water by Cold. Earth by Heat becomes Fire, and by Cold returns into Earth. [...] And among such various and strange Transmutations, why may not Nature change Bodies into Light, and Light into Bodies?⁶⁵

Ahora bien, los cuerpos y la luz interactuaban entre sí: los cuerpos ejercían acción sobre la luz al emitirla, reflejarla o refractarla; la luz influía sobre los cuerpos al calentarlos, al poner sus partículas en un movimiento vibratorio. Y en este movimiento vibratorio consistía el calor. Los cuerpos negros se calentaban con mayor facilidad que los cuerpos de otros colores porque la luz, en lugar de ser reflejada, “ingresaba” en ellos, así que la fuerza de la acción que ocurría entre la luz y los cuerpos sulfurosos era una de las razones por las cuales este tipo de cuerpos entraban en ignición más rápidamente y ardían más “vehementemente” que otras clases de cuerpos. Los cuerpos fijos,

⁶⁵ Newton, *Opticks*, *op. cit.*, *Query* 30, pp. 374-375.

calentados más allá de cierto grado, emitían luz; esta emisión era realizada por los movimientos vibratorios de sus partículas. Todos los cuerpos que poseían abundantes “partes terrestres”, especialmente sulfurosas, emitían luz en cuanto sus partes se agitaban lo suficiente. Así que, mientras la luz poseía naturaleza corporal, el fuego en sí mismo no era más que movimiento de partículas.

Is not Fire a Body heated so hot as to emit Light copiously? For what else is a red hot Iron than Fire? And what else is a burning Coal than red hot wood?⁶⁶

La flama era solamente un vapor, humo o exhalación calentada al rojo vivo; lo suficientemente caliente como para brillar. Pero es justamente porque Newton consideraba que la luz, constituida por partículas, ingresaba en algunos cuerpos y los calentaba —esto es, ponía sus partículas en movimiento—, y porque al alcanzar cierto grado de calentamiento-movimiento las partículas de un cuerpo emitían luz, que este autor podía sugerir que la luz podía transformarse en cuerpo y viceversa. De hecho, los cuerpos “recibían mucha de su actividad” de las partículas de luz que entraban en su composición. En este sentido podría decirse que para Newton la luz jugaba el rol de reactivo en operaciones químicas (esto es, que podía reaccionar con otros cuerpos, por ejemplo los sulfurosos) y que, además, retomó de la ciencia de su época y de Boyle en particular la idea de que el fuego era una sustancia que entraba (que podía entrar) en la composición de los mixtos.

El éter que Newton postuló en las *Queries* tenía, entre otras funciones, la de transmitir el calor. En la *Query* 18 describió un experimento en el que de un vaso cilíndrico se extraía todo el aire, mientras de otro no, luego de lo cual eran trasladados primero de un lugar frío a otro cálido y después nuevamente a un sitio cálido. Encontró que la temperatura del vaso del que se había extraído el aire subía tanto y casi tan rápidamente como la del otro y que también, posteriormente, bajaba casi con igual rapidez. Y entonces preguntó:

Is not the Heat of the warm Room convey'd through the *Vacuum* by the Vibrations of a much subtiler Medium than Air, which was drawn out remained in the *Vacuum*?⁶⁷

Este medio era el mismo gracias al cual la luz se refractaba y reflejaba; el que, en virtud de sus vibraciones, permitía que la luz comunicara el calor a los cuerpos. Se trataba, como mencionamos antes, de un medio mucho más raro y sutil que el aire, mucho más elástico y activo; un éter que impregnaba a todos los cuerpos y que se hallaba expandido por todo el universo. Más rarificado

⁶⁶ *Ibidem*, *Query* 9, p. 341.

⁶⁷ Newton, *ibidem*, *Query* 18, p. 349.

dentro de los cuerpos densos de estrellas, planetas y cometas que entre los espacios celestes vacíos, era quizás el causante de la gravedad existente entre esos cuerpos. Tenía además propiedades repulsivas:

The exceeding smallness of its Particles may contribute to the greatness of the force by which those Particles may recede from one another, and thereby make that Medium exceedingly more rare and elastick than Air.⁶⁸

El éter se relacionaba además con la electricidad y el magnetismo. Un cuerpo, mediante la fricción, emitía una exhalación muy rara y sutil, y sin embargo lo suficientemente potente como para —sin causar una disminución sensible en el peso del cuerpo eléctrico— expandirse hasta un diámetro de dos pies y ser capaz de agitar una hoja de oro o de cobre. El “efluvio” del imán era igualmente tan sutil y raro como para atravesar un plato de vidrio sin que su fuerza disminuyera. Era posible asimismo que el movimiento animal se efectuara mediante las vibraciones de este medio. Ya en la carta a Boyle había Newton especulado en torno al éter y señalado que también podría explicar, quizás, la acción disolvente de los menstruos:

And the same principle may cause menstruus to pervade with violence the pores of the bodies they dissolve, the surrounding æther, as well as the atmosphere, pressing them together.⁶⁹

El éter postulado en esta carta habría sido abandonado como principio explicativo a favor de las fuerzas postuladas en los *Principia*, pero para la segunda edición de esta obra, en 1713, al igual que para la edición de 1717 de *Opticks*, Newton había retomado este tema. Aunque ciertamente es posible que su pensamiento en torno al éter sufriera cambios a lo largo de los años, vale la pena citar las características que le atribuyó en 1713:

And now we might add something concerning a certain most subtle Spirit which pervades and lies hid in all gross bodies; by the force and action of which Spirit the particles of bodies mutually attract one another at near distances, and cohere, if contiguous: and electric bodies operate to greater distances, as well repelling as attracting the neighbouring corpuscles; and light is emitted, reflected, refracted, inflected, and heats bodies; and all sensation is excited, and the members of animal bodies move at the command of the will, namely, by the vibrations of this Spirit, mutually propagated along the solid filaments of the nerves, from the outward organs of sense to the brain, and from the brain into the muscles.⁷⁰

⁶⁸ Newton, *ibidem*, Query 21, p. 352.

⁶⁹ “Carta de Newton a Boyle”, *op. cit.*, p. 250.

⁷⁰ Newton, *The Principia*, Prometheus Books, New York, 1995, *General Scholium*, p. 443. Acerca de este tema ver Guerlac, “The background to Dalton’s Atomic Theory”, *op. cit.*; Mckie, *op. cit.*; Brock, *op. cit.*; Metzger, Newton, Stahl, Boerhaave, *op. cit.*; Thackray, *op. cit.*; y Home R. W., “Newton’s subtle matter: the *Opticks* queries and the

En las *Queries*, sin embargo, no había mucha ambigüedad con respecto a la convertibilidad aire-sólido-aire, ni con respecto a la transformación de cuerpos sólidos en luz y viceversa. Así, siguiendo esta última sugerencia, la interpretación de la calcinación que Boyle sostenía —es decir, la idea de que los metales aumentaban de peso porque se combinaban con la sustancia misma de la luz— inspiró a algunos newtonianos y, claramente siguiendo a los paracelsianos, algunos autores pensaron que todo cuerpo combustible contenía en sí una gran cantidad de la sustancia misma de la luz, o de azufre-principio, que se disipaba bajo la forma de flama durante la combustión.⁷¹

Un ejemplo de esta posición lo proporciona Algarotti (1712-1764) quien, en 1738, explicaba que la fuerza refractiva iba aumentando en el aire, el agua y el vidrio en la medida en que la densidad del material aumentaba. Sin embargo, añadía, existían excepciones, y es que los licores aceitosos o sulfurosos, licores inflamables, poseían todavía mayor fuerza refractiva. Ello se debía a que había una correspondencia entre la luz y esos licores o, en otras palabras, la correspondencia entre luz y cuerpos combustibles era un signo de la luz que los constituía.⁷² Cuarenta años después Senebier (1742-1809) sostenía que la inflamabilidad era resultado del hecho de que la luz formaba parte de los aceites, las resinas, las materias sulfurosas y las fosfóricas. En esta idea se hallaba implícito un concepto de afinidad según el cual lo semejante atraía más a lo semejante que a lo diferente; en este sentido, la luz fija en el combustible poseía una tendencia a atraer hacia sí la luz exterior.

Ahora bien, paralelamente a esta concepción de la luz o del fuego como una materia constituyente de algunos cuerpos, se desarrollaron teorías en torno a fluidos imponderables. Aunque la idea de que la gravedad era una propiedad primaria o asociada ineludiblemente a la materia fue ganando cada vez mayor aceptación durante el siglo XVIII, esta posición se vinculó paradójicamente con la creencia, también, en que existía un tipo diferente de materia, el éter, que no estaba sujeto a la atracción gravitacional. Es decir, algunos autores postularon que ciertos cuerpos que ocupaban un cierto volumen, poseían un coeficiente de atracción nulo; que no atraían ni eran atraídos y, en consecuencia, carecían de peso. Este enfoque, asimismo, favorecía la creencia en la transmutación y el rechazo hacia el carácter elemental de las sustancias químicas. Fue en este

mechanical philosophy”, en *Renaissance & Revolution*, Field J. V. & James Frank A. J. L. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1993.

⁷¹ Metzger, *Newton...*, p. 75.

⁷² Algarotti, *Le Newtonianisme pour les Dames*, tome II, Paris, 1738, pp. 269-271.

contexto que aparecieron las teorías de Boerhaave y de Hales, teorías en las que el fuego y el aire, respectivamente, poseían una serie de características que los hacían muy semejantes al éter repulsivo de Newton. A su vez, la amplia difusión del trabajo de Boerhaave y la fertilidad de la investigación de Hales contribuyeron a la gradual admisión en Europa de las teorías de fluidos imponderables basadas en tesis newtonianas.

La manera compleja en que las sugerencias de Newton en torno al éter se combinaron con ideas en torno al aire y al fuego puede verse en las concepciones, por ejemplo, de William Cleghorn (1754-1783); discípulo de Cullen y de Black, este autor afirmaba en *De Igne* de 1779 que había en los cuerpos una fuerza capaz de atraer al fuego y que esta fuerza era distinta en diferentes cuerpos. El fuego, añadía, se distribuye en los cuerpos directamente en proporción a la capacidad que tienen de atraerlo y en proporción inversa al poder repulsivo de las partículas del fuego.⁷³ El fuego era para él un fluido, un material distinto del flogisto y de la electricidad y caracterizado, al parecer, por partículas que se repelían entre sí. Su parecido con el éter newtoniano radicaba precisamente en su carácter repelente y en el hecho de que se hallaba distribuido entre los cuerpos.

El concepto de éter de Newton, en tanto principio activo del cambio químico, fue desarrollado por muchos químicos en el siglo XVIII y, en particular, por Boerhaave. En sus *Elementa Chemiae* (1732) este autor asimiló el éter al fuego, al concebir este último como consistente de corpúsculos sutiles, inmutables, capaces de introducirse a sí mismos en los poros de otros cuerpos. El fuego no sólo se distribuía a través de todo el espacio y de todos los cuerpos, sino que además —en lugar de residir en la sustancia misma de los cuerpos— llenaba los vacíos existentes entre partículas. El fuego así concebido carecía para Boerhaave de peso, aunque, por otro lado, era totalmente corpóreo, constituido, tal vez, por los corpúsculos más sólidos de todos. La prueba de esta corporalidad se hallaba en el hecho de que los cuerpos, al calentarse, se dilataban a medida que eran penetrados por el fuego. Y es que Boerhaave partía de la consideración de que había que distinguir entre calor, luz y fuego: un cuerpo podía estar muy caliente sin producir luz y había luz, como la de la luna, que no producía calor alguno. En cambio la dilatación de un cuerpo era un signo seguro e inseparable del fuego, de lo cual parecía desprenderse que el fuego era una sustancia particular que podía llegar hasta el interior de los

⁷³ Cleghorn, citado por Thackray, *op. cit.*, p. 149.

cuerpos para separar sus partículas; una sustancia que transmitía movimiento a otras moléculas, agitándolas con fuerza, esto es, produciendo calor. Desde el punto de vista de Boerhaave, por otro lado, el fuego se hallaba distribuido por todo el espacio; parecido a la materia sutil cartesiana, el fuego o calor no era ni únicamente cuerpo ni únicamente movimiento, sino el movimiento comunicado al resto de la materia por los átomos de un elemento específico, al que los químicos denominaban fuego justamente.⁷⁴

Si no había frotamiento ni movimiento causado por la mezcla de cuerpos distintos, el fuego se distribuía igualmente en cada parte del espacio, fuera este pleno o vacío. Este fuego repartido equitativamente en el espacio pasaba inadvertido, sobre todo si se encontraba en reposo y esto porque el calor no provenía de una mayor cantidad de fuego, sino solamente de una mayor agitación de este. Del fuego así concebido se desprendía un gran número de efectos, porque a la tendencia de la materia ordinaria a unirse, este principio oponía una tendencia a la separación. Estos dos principios, uno de dilatación y el otro de atracción, dominaban para Boerhaave un amplio conjunto de fenómenos y eran la causa de una infinidad de efectos.⁷⁵

Ya que el fuego no aumentaba nunca el peso de los cuerpos que penetraba, parecía carecer de peso. Sus átomos debían ser los más pequeños de todos los conocidos, redondos —pues nada los retenía— y muy elásticos —por la forma en que reaccionaban sobre los otros cuerpos. Lo que ocurría durante el proceso de combustión se derivaba de estas características. El punto de partida de Boerhaave en sus consideraciones acerca de la combustión era doble: por un lado, decía, era un fenómeno que producía calor y luz, consumiendo —haciendo imperceptible a nuestros sentidos— el cuerpo al cual afectaba; por otro, cuando el combustible se quemaba por completo, el fuego mismo desaparecía. El cuerpo que ardía era, entonces, alimento del fuego: todo cuerpo combustible contenía alimento del fuego como ingrediente constitutivo. Ya que los aceites y el carbón vegetal ardían completamente, mientras que otras sustancias dejaban un residuo de cenizas, podía concluirse que la combustibilidad dependía del aceite vegetal contenido en un cuerpo. Asimismo el alcohol se consumía enteramente, aunque producía una flama menos caliente y luminosa. Pero ello se debía a que la fuerza del fuego dependía no sólo de su alimento, no sólo del aceite o del alcohol que un cuerpo contenía, sino principalmente de las partes no combustibles

⁷⁴ Metzger, *Newton...*, p. 221.

⁷⁵ Boerhaave, citado por Metzger, *op. cit.*, pp. 223-224.

agitadas con gran rapidez en la esfera de la actividad del fuego. Así pues, un cuerpo era inflamable en la medida en que poseía alcohol o alguna otra materia muy parecida en sutilidad, puesto que luego de la combustión el alimento consumido por el fuego se dispersaba en la atmósfera dejando de ser perceptible a nuestros sentidos. Aunque Boerhaave creía que el alimento del fuego se hallaba presente en grandes cantidades en sustancias como el alcohol o el azufre, y en menor cantidad en toda sustancia susceptible de arder, confesaba que no era capaz de lograr aislarlo. En todo caso el fuego en sí mismo no formaba con otros cuerpos compuestos estables y, durante la combustión, actuaba mecánicamente, poniendo en movimiento otros corpúsculos, para producir así de manera secundaria una separación química.

El aire tampoco jugaba un papel químico. No era ingrediente de ninguna mezcla y si existían reactivos aéreos, estos eran impurezas que el aire contenía accidentalmente. En la combustión su papel era mantener el contacto entre el fuego y su alimento, esto es, un papel mecánico también: el aire era agitado por la flama y, a su vez, comunicaba su agitación a la flama. Me parece, decía Boerhaave, que existen en la naturaleza dos fluidos que no forman nunca con otros cuerpos una sola masa homogénea, y estos dos fluidos son el aire y el fuego.⁷⁶ Aunque no se unía realmente a otros cuerpos, el aire era capaz de hallarse encerrado en las cavidades o los poros de los cuerpos sólidos, “prisiones” que podían destruirse y de las cuales el aire salía sin haber sufrido ningún cambio. Al igual que el fuego, era un mero instrumento de combinaciones y separaciones químicas y se caracterizaba por su fluidez y por su gran elasticidad. Ya que las impurezas que contenía eran las que constituían evidentemente la mayor parte de su peso, tal vez en realidad la parte puramente elástica del aire, al igual que el fuego, carecía de peso y se hallaba distribuida equitativamente por todo el universo. Así el rol del aire y del fuego sería el de agitar todos los demás cuerpos, impidiéndoles permanecer en reposo, y en consecuencia provocar las reacciones materiales. En cuanto a las “impurezas” del aire, a los corpúsculos en él contenidos, Boerhaave pensaba que en primer lugar estaba el fuego; a continuación se encontraba el agua proveniente de la transpiración de los seres vivos y de la superficie de mares, lagos y ríos. Había también en el aire partículas vegetales de todo tipo e incluso partículas animales resultado de la descomposición; de ahí que, repleto de partículas orgánicas, el aire sirviera para el alimento y el crecimiento de animales y plantas. Pero había más: desde Sendivogius, muchos químicos habían pensando que en el aire

⁷⁶ Boerhaave, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 248.

había un alimento capaz de conservar la vida. ¿Sería posible que tal alimento fuera sencillamente la parte elástica del aire?⁷⁷

Así que —excepto por esta última sugerencia que no desarrolló— el aire era para Boerhaave solamente un agente físico, que producía efectos en virtud de su elasticidad y de su capacidad de producir y sostener el movimiento; en este sentido, aparecía como un gran solvente. Y aunque reconocía que el aire era necesario para la combustión, ello no se debía a las impurezas que contenía (como habían pensado los seguidores de la teoría del nitro aéreo), sino a que su presión mantenía a la llama viva. Sin embargo, para cuando aparecieron estas reflexiones en torno al aire, esto es, en la versión autorizada de sus *Elementa Chemiae* en 1732, Boerhaave había leído ya a Hales y tomado en consideración sus descubrimientos en torno a este tema. Así pues, consideró la posibilidad, antes mencionada, de que el aire elástico formara parte de la composición de los cuerpos sin renunciar a su idea de que era químicamente inerte.⁷⁸

En síntesis, encontramos que Newton propone la existencia de un fluido etéreo, caracterizado por su excesiva sutilidad y por estar constituido de partículas repulsivas; estas propiedades repulsivas explicaban, a su vez, su gran elasticidad. Entre las varias funciones asignadas al éter se hallaba la de transmitir el calor. Por otro lado, Newton aceptó la transmutabilidad de la materia y en este marco propuso que los cuerpos sólidos podían convertirse en aire justamente gracias a las fuerzas repulsivas. Del mismo modo, la luz podía convertirse en cuerpo y los cuerpos en luz. El calor, sin embargo, no era más que un movimiento vibratorio de las partículas. Las ideas de Newton en torno al éter serán retomadas en gran medida en la concepción de fuego que nos ofrece Boerhaave; el fuego, concebido por él como constituido por corpúsculos sutiles capaces de introducirse en los poros de otros cuerpos, separaba —en virtud de sus propiedades repulsivas y elásticas— las partículas de estos y les transmitía su movimiento. De manera análoga al éter de Newton, el fuego-calor se distribuía además por todo el espacio. Aunque estaba formado por partículas no formaba compuestos con otras sustancias y su actividad era solamente mecánica. En cuanto al aire, no era tampoco un reactivo químico aunque era capaz de alojarse en los poros de los cuerpos. Su papel en la combustión era mecánico. Pero una vez que las ideas de Hales comenzaron a aceptarse en Francia, se combinaron ahí con la química del flogisto y con las ideas

⁷⁷ Boerhaave, citado por Metzger, *op. cit.*, p. 257.

⁷⁸ Sobre Boerhaave, además de Metzger, *op. cit.*, ver Thackray, *op. cit.*, Brock, *op. cit.*, y Guerlac, **Lavoisier-The Crucial Year**, *op. cit.*

de Boerhaave acerca del calor. Como resultado encontraremos en la teoría renovada de los cuatro elementos tanto al aire como al fuego en estado libre o en estado fijo. En su estado libre, el fuego de la química francesa es muy similar al éter newtoniano y al calor boerhaaviano; en su estado fijo, en cambio, el fuego no es otra cosa que flogisto.

4.4 Hales (el aire)

Hales publicó sus dos principales obras, *Vegetable Staticks* y *Haemastaticks*, en 1727 y 1733 respectivamente. En 1731 apareció la segunda edición de *Vegetable Staticks*, y dos años después, bajo el título de *Statical Essays*, ambos libros aparecieron juntos; para 1769 se habían traducido ya al francés, el italiano, el alemán y el holandés. Gracias a estos trabajos y a otros más pequeños Hales no sólo logró con rapidez el reconocimiento de sus contemporáneos, sino que, además, tuvo gran influencia en el desarrollo de la filosofía natural del siglo XVIII.⁷⁹

Haemastaticks, que se ocupaba de la fisiología de la circulación, constituyó el avance más importante en este terreno después de las investigaciones realizadas por Harvey y Malpighi. Ahí se recogían experimentos en torno a la presión sanguínea y a la destrucción de cálculos biliares y renales, realizados por Hales en una etapa temprana de su vida, y se hacía visible la influencia que tuvo en su trabajo la iatrofísica. De acuerdo con esta perspectiva, médicos como Borelli, Baglivi, Pitcairne y James Keill, insistían en que era necesaria la aplicación de principios mecánicos para comprender adecuadamente las obras de la naturaleza, y en particular la “economía animal”, desechando suposiciones e hipótesis engañosas. Curiosamente, sin embargo, el carácter experimental de *Haemastaticks* contrastaba con el aire especulativo de las obras de aquellos médicos. Con el fin de proporcionar el “número, peso y medida” de que carecían hasta entonces las suposiciones acerca del sistema sanguíneo, Hales midió parámetros esenciales de las teorías iatro-hidrodinamicistas —entre ellos la presión sanguínea, la capacidad del corazón y el volumen de sangre movido por cada latido de este órgano y por minuto—, con el paradójico resultado de que, al menos por implicación, la credibilidad de la iatrofísica se redujera sustancialmente. Así, por ejemplo, contribuyó a debilitar la idea de que la salud estaba directamente determinada por los cambios en el sistema hidráulico sanguíneo. Sus experimentos convencieron a Hales también de

⁷⁹ Schofield Robert E., *Mechanism and Materialism*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1970, p. 69.

que la fuerza de la sangre arterial en los vasos capilares no podía ser muy grande y que, por ende, tal fuerza no era apropiada para explicar el movimiento muscular. En este sentido, fue el primer fisiólogo en sugerir, con base en evidencias, el papel que juega la electricidad en los fenómenos neuromusculares. De este modo, y a pesar de que los experimentos de Hales se habían realizado bajo la guía de las concepciones mecanicistas que él mismo aceptaba en general, sus resultados desafiaron las conclusiones de esta escuela de fisiología.

Vegetable Staticks le valió a Hales el título de fundador de la fisiología vegetal, campo en el que no habría otros progresos de consideración durante un siglo. Aunque este trabajo se publicó antes que *Haemastaticks*, fueron sus estudios sobre la circulación sanguínea los que lo condujeron a la investigación en torno a la savia. Y es que, del mismo modo que muchos de sus contemporáneos, Hales se hallaba impresionado por las analogías que se percibían entre el mundo animal y el vegetal. Una de tales analogías era precisamente la aparente similitud entre el papel de la sangre en los animales y el de la savia en los vegetales. Sin embargo, también en este campo llegó a conclusiones que contradecían creencias comúnmente aceptadas, pues encontró que la savia no circulaba.

Mecanicista y newtoniano convencido, intentó explicar los fenómenos de la fisiología vegetal mediante las fuerzas que se ejercían sobre los líquidos en movimiento dentro de los cuerpos vivientes. Este intento lo condujo a considerar el papel que el aire jugaba en la vida de las plantas y, a continuación, la composición química del aire.⁸⁰ Y es que al realizar sus experimentos acerca del movimiento de los fluidos vegetales, Hales observó burbujas de aire subiendo a través de la savia o de los tallos cortados de las parras. Pasó así a ocuparse del rol del aire en la vida vegetal y descubrió (o al menos creyó hacerlo⁸¹) que los vegetales, al igual que los animales, respiran. Afirmó por tanto que el aire era esencial para la vida de las plantas, abriendo el camino a las investigaciones que se desarrollaron durante el siglo XVIII acerca de este tema. Esta segunda serie de experimentos nuevamente llevó a Hales a ocuparse de otra cuestión: la presencia del aire en diferentes tipos de sustancias, incluidas por supuesto las vegetales. En el sexto capítulo de *Vegetable Staticks*, titulado "A specimen of an attempt to analyze the Air", se propuso mostrar que

⁸⁰ Roger Jaques, *Buffon, un philosophe au Jardin du Roi*, Fayard, Paris, 1989, p. 49.

⁸¹ Ver Guerlac Henry, "Stephen Hales: a Newtonian Physiologist", en *Essays and Papers in the History of Modern Science*, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1977. Aquí Guerlac afirma que los experimentos de Hales en este sentido no fueron concluyentes.

el aire intervenía en procesos químicos y era constituyente de muchas sustancias comunes. Como sabemos, a esta idea se oponían en ese momento figuras tan influyentes como Boerhaave y Stahl.

Diversos autores coinciden en señalar la importancia de este trabajo. De acuerdo con Schofield, aun cuando Hales no hubiera llevado a cabo otra investigación, el análisis del aire habría asegurado su sitio en la historia de la ciencia. Constituyó el punto de partida para los estudios de Joseph Black y Joseph Priestley, y Henry Cavendish obtuvo gran provecho de su lectura. De hecho, puede situarse en este capítulo el origen de la química neumática. Guerlac, por su parte, afirma que la reputación de Hales en el continente europeo durante el siglo XVIII derivaría precisamente de su “Análisis del aire” y que Lavoisier debe al científico inglés —en parte al menos— su descubrimiento de que el incremento de peso ocurrido en sustancias quemadas o metales calcinados es resultado de su combinación con una parte de aire.⁸²

Vegetable Staticks pone en práctica el método “estático” de investigación, que era para Hales la manera apropiada de estudiar a los seres vivos. El uso del adjetivo “estático” se remonta a Nicolás de Cusa, para quien “statics” significaba “pesar”. Santorio Santorio había usado el término en el terreno de la medicina en *De medicina statica aphorismi*, de 1614, y en 1718 James Keill había publicado como apéndices de su *Tentamina medico-physica* algunos estudios acerca de la transpiración titulados *Medicina statica britannica*.⁸³ En palabras de Hales,

Since we are assured that the all-wise Creator has observed the most exact proportions, of number, weight and measure, in the make of all things; the most likely way therefore, to get any insight into the nature of those parts of the creations, which come within our observation, must in all reason be to number, weight and measure.⁸⁴

Este método, añadía Hales, había tenido un gran éxito. Un ejemplo de ello eran los logros del “gran filósofo de nuestra era”, Newton, quien “enumerando” y midiendo había descubierto las proporciones exactas existentes tanto en los movimientos de los planetas alrededor del sol como en sus distancias con respecto a este. Asimismo, los descubrimientos más relevantes en lo que se refería a la “economía animal” habían sido resultado de la investigación “estática” de sus fluidos. Este tipo de investigación se ocupaba entre otras cosas de la cantidad de los fluidos, y de los sólidos disueltos en ellos, que el animal ingería diariamente para nutrirse, y de la fuerza y las diferentes velocidades con que tales fluidos eran conducidos por los “canales apropiados”. El supuesto de

⁸² Guerlac, *op. cit.*, p. 275.

⁸³ Guerlac, “Stephen Hales: a Newtonian...”, *op. cit.*, p. 173.

⁸⁴ Hales Stephen, *Vegetable Staticks*, Oldbourne, London, 1961, p. xxxi.

fondo, a la luz del cual este punto de vista constituía la forma correcta de estudiar a los seres vivos, era que, tanto en los vegetales como en los animales, el crecimiento y la conservación de la vida se realizaban gracias al movimiento “abundante y regular” de sus fluidos, que estos eran los “vehículos” dispuestos por la naturaleza para llevar los nutrimentos adecuados a cada parte.⁸⁵

Es visible ya desde la introducción a *Vegetable Staticks*, así como a lo largo de todo el texto, que el estudio de la naturaleza era para Hales una constatación del poder y la sabiduría divinos. La observación del mundo natural nos permitía ver la armonía y la belleza que en él reinaban. Al proseguir las investigaciones, obteníamos una convicción más fuerte y profunda cada vez de la existencia de un Arquitecto divino que había creado las cosas de modo tal que todo concurriera, mediante las variadas combinaciones de la materia, a la cadena de causas y efectos necesaria para alcanzar los grandes fines de la naturaleza.

And thus we see that nature exerts a considerable, tho' secret and silent power, in carrying on all her productions; which demonstrates the wisdom of the Author of nature in giving such due proportion and direction to these powers, that they uniformly concur to the production and perfection of natural Beings; whereas such powers under no guidance, they must necessarily produce a *Chaos*, instead of that regular and beautiful system of nature which we see.⁸⁶

Tanto en *Vegetable Staticks* como especialmente hacia el final de su vida, Hales se ocupó de la parte práctica de su filosofía experimental. El trabajo que realizó en esa obra acerca del aire le permitió distinguir entre un tipo de aire necesario para la respiración y otro que, viciado, era peligroso para la salud, lo cual lo condujo a inventar ventiladores para expulsar el aire fétido de prisiones, hospitales y barcos de esclavos.

Vegetable Staticks comenzaba examinando las cantidades de humedad transpiradas por las hojas de los vegetales. Aunque existían ya con anterioridad estudios acerca del movimiento de la savia, Hales usó sus capacidades como experimentador y su método estático para demostrar que una planta absorbía grandes cantidades de agua a través de sus raíces. Gracias a un ingenioso diseño experimental, Hales estableció que

compared bulk for bulk, the plant perspires seventeen times more than the man [and] seventeen times more enters, bulk for bulk, into the sap vessels of the plant, than into the veins of a man, and goes off in twenty four hours.⁸⁷

⁸⁵ *Ibidem*, p. xxxii.

⁸⁶ *Ibid.*, pp. 196-197.

⁸⁷ *Ibid.*, p. 6.

Hales explicaba esta diferencia en función de las características propias de la savia y de su función. Este era, dijo, un fluido que no se hallaba tan repleto de partículas nutritivas como el “quilo” animal, lo cual le permitía moverse con mayor rapidez, rapidez que era necesaria porque, al carecer de corazón el vegetal, la savia presentaba sólo un movimiento progresivo y no uno circulatorio. Ahora bien, Hales veía que a pesar de que los vegetales no poseían un corazón que condujera el fluido nutritivo a través de sus vasos, la naturaleza había ideado “maravillosamente” otros medios para lograr que la savia se elevara a través de los vegetales y se mantuviera en movimiento.

De estos medios, a saber, la transpiración misma y la atracción, se ocupó en el segundo capítulo de *Vegetable Statics*. Los experimentos que aquí expuso lo convencieron de la “gran eficacia de la atracción”, “principio universal” que encontrábamos en acción en todas las distintas obras de la naturaleza. En los vegetales, particularmente, las partes más finas y pequeñas se hallaban dispuestas de modo tal que pudieran atraer el alimento adecuado. A la eficacia de la atracción se unía la transpiración, que permitía al vegetal deshacerse de la humedad y continuar nutriéndose.

And by the same principle [attraction] it is, that we see in the preceding Experiments plants imbibe moisture so vigorously up their fine capillary vessels; which moisture, as it is carried off in perspiration, (by the action of warmth,) thereby gives the sap vessels liberty to be almost continually attracting of fresh supplies, which they could not do, if they were full saturate with moisture: For without perspiration the sap must necessarily stagnate, notwithstanding the sap vessels are so curiously adapted by their exceeding fineness, to raise the sap to great heights, in a reciprocal proportion to their very minute diameters.⁸⁸

Una vez establecido que la planta absorbía grandes cantidades de agua, y con gran fuerza, Hales estudió las funciones de las hojas. Nuevamente contrastó el movimiento de la savia con el de la sangre. Si en los animales era el corazón el que hacía circular continuamente la sangre, en las plantas, en cambio, la savia se movía debido a la fuerte atracción de los vasos capilares. La atracción, sin embargo, no actuaba por sí sola en este caso. Su acción era apoyada por el calor del sol, que causaba “brisk undulations and vibrations”,⁸⁹ o en otras palabras, un efecto “rarificador”. Esta combinación de atracción y calor permitía que la savia fuera conducida hasta la parte más alta de los árboles más grandes, en donde ocurría la transpiración a través de las hojas. Pero si, debido a la pérdida de las estas, la superficie del árbol decrecía, la transpiración y el movimiento de la savia

⁸⁸ *Ibid*, p. 56.

⁸⁹ *Ibid*, p. 77.

disminuían proporcionalmente. Esta consideración permitió a Hales proponer entonces que la velocidad ascendente de la savia se aceleraba, principalmente, como efecto de una transpiración abundante de las hojas, la cual, como veíamos, dejaba sitio para que los finos vasos capilares ejercieran su “gran poder atractivo”. Ahora bien, esta estructura que permitía ascender la savia no estaba de ningún modo bien adaptada, declaró, para hacer que la savia descendiera a través de los vasos capilares desde la cima de los vegetales hasta la raíz. No existía aquí un movimiento circulatorio. A pesar de ello, era posible observar que la savia descendía en alguna medida desde lo alto de las ramas cuando el sol dejaba de tocarlas; lo que ocurría era que cuando el astro dejaba de ejercer su poder “rarificador” la savia, junto con el aire contenido en ella, se condensaba.

Los experimentos acerca del movimiento de la savia condujeron a Hales a reflexionar sobre la nutrición, reflexión que se plantea nuevamente en términos del poder de la atracción:

The great work of nutrition, in vegetables as well as animals, (I mean after the nutriment is got into the veins and arteries of animals) is chiefly carried on in the fine capillary vessels, where nature selects and combines, as shall best suit her different purposes, the several mutually attracting nutritious particles which were hitherto kept disjointed by the motion of their fluid vehicle.⁹⁰

La nutrición consistía pues, por un lado, en una selección de las partículas adecuadas para la constitución del vegetal y, por otro, en una suerte de cohesión de tales partículas que, en la savia, se hallaban separadas. Esta idea acerca de la nutrición se enlazaría luego con el papel que Hales asignaba al aire en el mantenimiento de la vida vegetal. Pero antes de analizar, como él mismo dijo, la naturaleza de este fluido elástico, realizó una serie de experimentos con el fin de mostrar que las plantas, al igual que los animales, inspiraban aire.

El aire, sostuvo, era un “fino fluido elástico” que contenía partículas de diferentes tipos flotando en él. Gracias a ello, estaba “admirablemente” adaptado para ser el “aliento de la vida”, tanto en vegetales como en animales. Habiendo mostrado ya que los vegetales absorbían aire en gran cantidad y que lo transpiraban junto con la savia a través de las hojas, Hales afirmó:

It is very probable, that the air freely enters plants, not only with the principal fund of nourishment by the roots, but also thro' the surface of their trunks and leaves, especially at night, when they are changed from a perspiring to a strongly imbibing state.⁹¹

El aire era absolutamente necesario para la vida y el crecimiento de animales y vegetales. El siguiente paso de la investigación de Hales consistió en examinar la naturaleza de este fluido y,

⁹⁰ *Ibid.*, p. 83.

⁹¹ *Ibid.*, p. 87.

específicamente, en averiguar la cantidad de aire “fijado” en diferentes sustancias o bien liberado o absorbido bajo circunstancias variantes.

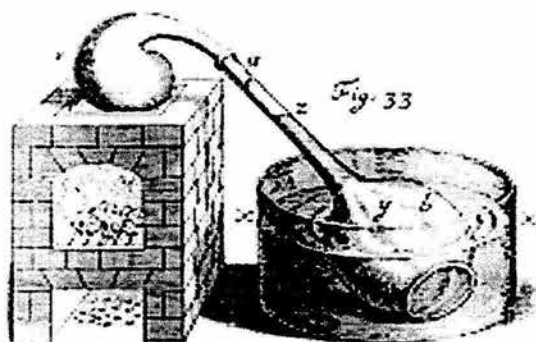
Desde las investigaciones de Torricelli, Pascal, Otto von Guericke y Boyle, se conocían algunas de las propiedades del aire, entre ellas su capacidades de expandirse y refractar la luz y su densidad aproximada. La mayoría de los autores que se ocupaban de este tema en tiempos de Hales, como hemos visto, no creía ya que se tratara de un elemento. Antes bien, el papel del aire en el mantenimiento de la vida y en la combustión se explicaba mediante las propiedades de sustancias especiales dispersas en él, como las partículas nitro-aéreas de Hooke y John Mayow. En general, se aceptaba la descripción que Boyle había hecho de la atmósfera, según la cual esta estaba compuesta por tres tipos de partículas —partículas permanentemente elásticas que constituían propiamente al aire; vapores y exhalaciones secas provenientes de la tierra, el agua, los vegetales y los animales; y vapores magnéticos del globo terrestre junto con partículas de luz del sol y las estrellas.⁹²

Por otro lado, Boyle, Hooke y otros miembros de la Royal Society habían mostrado que podía producirse “aire” artificial (*factitious air*) a partir de cuerpos sólidos y líquidos en ciertas reacciones químicas (por ejemplo, la acción de ácidos sobre conchas o sobre coral o la explosión de pólvora). Este fue precisamente el punto de partida del sexto capítulo de *Vegetable Staticks*. Boyle, señaló Hales, había encontrado que se podía “producir” gran cantidad de aire a partir de los vegetales. El propósito de los experimentos que a continuación describió era determinar qué proporción de aire era posible obtener de las diferentes sustancias en las que se hallaba “alojado e incorporado”. Con este fin, hizo uso de un matraz parcialmente lleno de agua, de modo que los cambios en el nivel de esta mostraran “cuánto aire se generó” o se “absorbió”. Y es que Hales distinguía dos tipos, o dos estados, del aire: cuando una sustancia generaba aire, ello significaba que este pasaba de un estado “fijo” o “atractivo”, a un estado “elástico”. A la inversa, si la sustancia en cuestión absorbía aire, lo que ocurría era que el fluido había pasado de un estado “elástico repulsivo” a uno fijo, mediante la fuerte atracción de partículas “absorbentes”. Al realizarse la absorción el aire perdía, totalmente o en parte, su elasticidad. En consecuencia, existían dos tipos de aire: el libre y elástico, que era el “verdadero” aire, y el fijo y “atractivo”.

⁹² Guerlac, “Stephen Hales: a Newtonian...”, ed. cit., p. 179.

It is by this amphibious property of the air, that the main and principal operations of Nature are carried on; for a mass of mutually attracting particles, without being blended with a due proportion of elastick repelling ones, would in many cases soon coalesce into a sluggish lump. It is by these properties of the particles of matter that he [Newton] solves the principal Phænomena of Nature.⁹³

En “El análisis del aire” nos encontramos con tres series de experimentos. La primera de ellas consistía en la fusión o destilación de sustancias orgánicas; la segunda, en la fermentación de diferentes mezclas también orgánicas; y la tercera, en la “fermentación” de sustancias minerales y en experiencias en torno a la respiración. A fin de medir la cantidad de aire absorbida o emitida por algún cuerpo sometido a destilación o fusión, Hales puso la materia que intentaba destilar dentro de una pequeña retorta *r*; el extremo de esta retorta *a* se hallaba cuidadosamente conectado al de una vasija de vidrio de gran capacidad *b* y con un agujero en el fondo. Manteniendo arriba la retorta, sumergía la vasija hasta su tope en otra llena de agua. El agua alcanzaba el nivel *z* de la vasija y entonces ponía la retorta sobre el fuego. Cuando la materia estaba suficientemente destilada, sacaba la retorta del fuego y medía el nivel *y* que ahora tenía el agua. Si la superficie de esta se hallaba debajo de *z*, el espacio vacío entre *z* y *y* mostraba la cantidad de aire generado —la cantidad de aire que había pasado de un estado fijo a uno elástico mediante la destilación. Pero si se encontraba por encima de *z*, el espacio entre *z* y *y*, lleno de agua, mostraba la cantidad de aire que se absorbía durante la operación —la cantidad de aire que había pasado de estado elástico a fijo en virtud de la fuerte atracción de otras partículas.



Hales encontró que la destilación de sustancias tales como sangre de cerdo, sebo, cuerno de gamo, roble, chícharos y cálculos producía aire en cantidades “considerables”. Pero gran parte de

⁹³ Hales, *op. cit.*, p. xxvii.

ese aire perdía en el transcurso de algunos días su elasticidad, debido, nos explicó, a que junto con el aire “verdadero” se generaban “emanaciones sulfurosas ácidas” (*acid sulphureous fumes*) las cuales reabsorbían y fijaban las partículas elásticas:

A good part of the air thus raised from several bodies by the force of fire, was apt gradually to lose its elasticity, in standing several days; the reason of which was [...] that the acid sulphureous fumes raised with that air, did resorb and fix the elastick particles.⁹⁴

Al destilar cálculos, Hales observó que se generaban grandes cantidades de aire. En este, al igual que en otros casos, avanzó una explicación: las partículas no elásticas de aire poseían una fuerte propiedad atractiva que era justamente lo que las hacía adecuadas para constituir la “materia nutritiva” de animales y vegetales. Gracias a esta misma propiedad podían formarse a veces “concreciones anómalas” en los animales, especialmente en los lugares en donde los fluidos animales se hallaban estancados, tal y como ocurría en la vesícula biliar y en la vejiga.

En la segunda serie de experimentos de este capítulo, Hales sometió a fermentación (un método que, según declaraba, concordaba mejor que el del fuego con la forma usual en que la naturaleza procedía) sangre de oveja, jugo de limón, uvas pasas, manzanas, chícharos y trigo entre otras cosas, diluidos en diferentes sustancias. Todos estos casos nos proporcionaban ejemplos de producción de “aire nuevo” y, ocasionalmente, de absorción. Que el aire así producido era “aire verdadero y permanente” era seguro, ya que se mantenía en estado expandido, elástico, por semanas e incluso meses. Por otro lado, el hecho de que ese aire era elástico se comprobaba porque se dilataba y contraía con el calor, al igual que el aire común, y porque podía comprimirse en proporción al peso ejercido. Ahora bien: podía *suponerse* que la elasticidad del aire “nuevo” se debía a que las partículas aéreas “activas” se repelían entre sí con una fuerza recíprocamente proporcional a sus distancias. A pesar de la cautela con que realizó esta afirmación, Hales no pretendía, sin embargo, esconder lo que, un poco más adelante, sostenía haber logrado; esto es, la confirmación experimental de las tesis newtonianas expuestas, en particular, en la *Query* 31 de *Opticks*:

The Particles when they are shaken off from Bodies by Heat or Fermentation, so soon as they are beyond the reach of the Attraction of the Body, receding from it, and also from one another with great Strength, and keeping at a distance, so as sometimes to take up above a Million of Times more space than they did before in the form of a dense Body. Which vast

⁹⁴ Hales, *op. cit.*, p. 105.

Contraction and Expansion seems unintelligible, by feigning the Particles of Air to be springy and ramous, or rolled up like Hoops, or by any other means than a repulsive Power.⁹⁵

Ya antes de describir su primera serie de experimentos en torno al aire, Hales había citado en su apoyo la observación de Newton (también formulada en la *Query* 31) de que el calor o la fermentación generaban aire “permanente” a partir de los cuerpos que “los químicos llaman fijos”. En estos cuerpos, según Newton, las partículas se adherían entre sí mediante una fuerte atracción y por tanto no se separaban o rarificaban sin la fermentación. Las partículas que al estar en contacto se hallaban unidas con más fuerza, se separaban entre sí con la mayor fuerza “repulsiva” y sólo volvían a unirse con la mayor dificultad. Asimismo, Hales cita la *Query* 30, de acuerdo con la cual la fermentación hacía que los “cuerpos densos” se rarificaran dando lugar a diversos tipos de aire, aire que podía retornar a esos cuerpos, con o sin ayuda de la fermentación.

It appears by many chymio-statical Experiments, that there is diffused thro’ all natural, mutually attracting bodies, a large proportion of particles, which, as the first great Author of this important discovery, Sir Isaac Newton, observes, are capable of being thrown off from dense bodies by heat or fermentation into a vigorously elastick and permanently repelling state: And also of returning by fermentation, and sometimes without it, into dense bodies.⁹⁶

En las conclusiones acerca de su segunda serie de experimentos en torno al aire, Hales declaró haber confirmado estas sugerencias de Newton. Sus experiencias, dijo, mostraban la gran cantidad de aire emitido por los cuerpos en fermentación y, en consecuencia, la gran fuerza con que se dilataban las partes de esos cuerpos. Asimismo, afirmó haber encontrado evidencia, en primer lugar, de que el aire constituía un parte muy importante de la sustancia vegetal y animal, y de que, en segundo lugar, una gran parte de las partículas de tal aire se hallaban en estado fijo. No obstante, añadió, sus experimentos mostraban también que en los vegetales existía igualmente aire en “estado activo”, especialmente cuando el clima era cálido (como podía verse en las burbujas de aire que encontró brotando de la savia de las parras).

La tercera serie de experimentos se ocupaba, entre otras cosas, de la respiración. Las experiencias descritas ahí mostraban, según Hales, que la elasticidad del aire era destruida en gran medida por la respiración de los pulmones humanos. El aire era elástico porque sus partículas ejercían entre sí grandes fuerzas repulsivas, pero esta elasticidad se perdía cuando fuerzas atractivas (muy grandes también) vencían las fuerzas de repulsión entre partículas. Como dijimos antes,

⁹⁵ Newton, *Opticks*, *op. cit.*, p. 395-396.

⁹⁶ Hales, *op. cit.*, p. xxvii.

Hales atribuía en general esa pérdida de elasticidad a las emanaciones sulfurosas ácidas que “reabsorbían y fijaban” las partículas del aire común. Tales emanaciones, según él, eran producidas por cualquier cuerpo que emitiera una flama. Pero en el caso de la respiración, la “fijación” del aire se explicaba por la acción de partículas sulfurosas presentes directamente en la sangre:

When we consider how much air continually loses its elasticity in the lungs, which seem purposely framed into innumerable minute meanders, that they may thereby be better seize, and bind that volatile *Hermes*: It makes it very probable, that those particles which are now changed from an elastick repulsive, to a strongly attracting state, may easily be attracted thro' the thin partition of the vesicles, by the sulphureous particles which abound in the blood.⁹⁷

El fuerte poder de atracción que poseían estas partículas sulfurosas daba cuenta del paso del aire de su estado libre al estado fijo, es decir, de todos los casos en los que Hales observaba una “fijación”. Y, asimismo, permitía explicar un proceso que era a la vez respiratorio y de nutrición: en los vegetales, por ejemplo, el aire en estado elástico era conducido junto con la savia hasta los vasos más pequeños, donde al unirse con partículas salinas y sulfurosas se constituía en la materia “dúctil nutritiva” a partir de la cual crecían las partes de los vegetales. Y es que, según Hales, sus experimentos probaban el gran poder de atracción que tenían las partículas sulfurosas ácidas a distancias muy pequeñas del punto de contacto; este poder era tan grande que rápidamente sometía y fijaba las partículas aéreas elásticas, que de esto modo dejaban de ser fuertemente repelente y pasaban a un estado fuertemente atractivo.

Ya que las emanaciones ácidas reducían continuamente la elasticidad del aire, cuando en lugar de aire fresco inhalábamos aire sobrecargado de tales gases y de vapores, la acidez del aire viciado contraía las vesículas de los pulmones al mismo tiempo que la tosquedad de las partículas del aire viciado impedía su libre ingreso a estas; a continuación, el aire que se hallaba dentro de las vesículas perdía con rapidez su elasticidad, las vesículas dejaban de dilatarse, se detenía el movimiento de la sangre a través de los pulmones y sobrevenía la muerte. Aunque algunos autores atribuían este efecto fatal a la pérdida y desgaste del “espíritu vivificante” del aire, no era irrazonable atribuirlo más bien a la pérdida de una parte considerable de la elasticidad del aire, así como a la tosquedad y densidad de los vapores con los que se sobrecargaba, pues las partículas que se atraían entre sí, cuando flotaban en un medio tan delgado como el aire, se unían rápidamente para formar combinaciones más toscas.

⁹⁷ Hales, *op. cit.*, p. 139.

Algo similar sucedía durante la combustión de velas y cerillos: el que dejaran de arder muy pronto después de ser confinados en una pequeña cantidad de aire, no se debía a que consumieran el “espíritu vivificante” del aire, sino a la gran cantidad de vapores ácidos “fuliginosos” con los que el aire se cargaba, pues estos vapores destruían gran parte de la elasticidad del aire y retardaban el movimiento elástico del restante. En otras palabras, una vela ardía debido no al espíritu vivificante del aire, sino a ciertos grados de elasticidad del aire. Y es que Hales rechazaba la idea (sostenida por Boyle, Lémery y Boerhaave, entre otros, como hemos mencionado) de que el fuego fuera un cuerpo de tipo particular, distinto, y cita a Newton: “Is not fire a body heated so hot as to emit light copiously?” Asimismo, el calor no era más que un rápido movimiento de partículas producido entre el aire elástico repelente y el azufre ácido fuertemente atractivo.

If fire was a particular distinct kind of body inherent in sulphur, as Mr. Homberg, Mr. Lemery, and some others imagin, then such sulphureous bodies, when ignited, should rarify and dilate all the circumambient air; whereas it is found by many of the preceding Experiments, that acid sulphureous fuel constantly attracts and condenses a considerable part of the circumambient elastick air.⁹⁸

No existía, afirmó, un elemento fuego dotado de propiedades peculiares e inherentes al azufre; era evidente, como se desprendía de sus experimentos, que la materia que se perdía durante la combustión era solamente aire elástico y no el fuego mismo.

Puesto que Boerhaave atribuía la putrefacción al efecto de un “fuego” inherente, Hales reflexionó a continuación acerca de la putrefacción, la fermentación y la nutrición. En contraposición a aquel autor, le parecía razonable entender esos tres procesos como diferentes grados de fermentación: en la nutrición, la suma de la acción atractiva de las partículas era superior a la suma de su poder repelente. En la putrefacción, al contrario, la fuerza repelente excedía a la fuerza atractiva y, en consecuencia, las partes constituyentes de los vegetales se disolvían. De hecho, si entendíamos el término “fermentación” en su sentido más amplio posible veríamos que todos los fluidos vegetales y animales se hallaban siempre, de manera natural, en estado de fermentación ya que poseían en abundancia tanto partículas sulfurosas como elásticas.

Las consideraciones finales de este capítulo giraban en torno al papel del aire en la constitución de los cuerpos de los seres vivos. Hales retomó la idea newtoniana de que las partículas más fuertemente repelentes y elásticas eran las más fuertemente atractivas cuando se

⁹⁸ Hales, *op. cit.*, p. 161.

hallaban en estado fijo, idea que le permitía apuntalar la gran importancia que le concedía al aire en este sentido.

All the animal fluids and solids have air, and sulphur in them: Which strongly attracting principles seem to be more intimately united together in the more perfect and elaborate part of it, its red globules; so that we may not unreasonably conclude, that air is a band of union here [...]: And accordingly we find the greatest plenty of air in the most solid parts of the body, where the cohesion of the parts is the strongest.⁹⁹

El fuerte poder de cohesión que poseían las partículas de aire en estado fijo era complementado, en su función constituyente, por la capacidad que tenían los cuerpos sulfurosos de destruir la elasticidad del aire. Una vez más, Hales hizo uso de una observación newtoniana de acuerdo a la cual el poder atractivo o repelente de los cuerpos era mayor o menor en la medida en que contuvieran una cantidad mayor o menor de partículas sulfurosas. Si esto era así, existían buenas razones para atribuir, con base en sus experimentos, la fijación de partículas elásticas de aire a la fuerte acción atractiva ejercida por las partículas sulfurosas con las que, como también Newton señaló según Hales, era probable que todos los cuerpos contaran en mayor o menor medida.

Sulphur not only absorbs the air when burning in a homogeneal mass, but also in many fermenting mixtures; and as Sir Isaac Newton observed the attractive and refractive power of bodies to be greater or less, as they partook more or less of sulphureous oily particles; so there is good reason from these Experiments to attribute the fixing of the elastick particles of the air to the strong attraction of the sulphureous particles with he says it's probable that all bodies abound more or less.¹⁰⁰

En resumen, ya que las partes sólidas de los seres vivos tenían una mayor proporción de aire que las fluidas, ¿no podríamos concluir que el aire tenía la función esencial de constituir un “lazo de unión” en tales cuerpos? El hecho era, para él, que el aire existía en abundancia en las sustancias animales, vegetales y minerales. Por otro lado, las capacidades elásticas y cohesivas del aire constituían un buen ejemplo de la manera en que, en la naturaleza, las fuerzas se equilibraban. Si todas las partes de la materia tuvieran únicamente un fuerte poder de atracción, el conjunto de la naturaleza devendría inmediatamente un todo inactivo y cohesionado (*unactive cohering lump*).

Wherefore it was absolutely necessary, in order to the actuating and enlivening this vast mass of attracting matter, that there should be every where intermixed with it a due proportion of strongly repelling elastick particles, which might enliven the whole mass, by the incessant action between them and the attracting particles.¹⁰¹

⁹⁹ Hales, *op. cit.*, pp. 168-169.

¹⁰⁰ Hales, *op. cit.*, p. 170-

¹⁰¹ *Ibidem*, p. 178.

Desde esta perspectiva, y ya que las partículas elásticas eran reducidas continuamente —debido al poder de sustancias fuertemente atractivas— de un estado elástico a uno fijo, era “necesario” que tales partículas poseyeran la propiedad de reasumir su estado elástico, una vez separadas de la masa a la que se habían unido. De este modo, la “hermosa trama de las cosas” se mantenía en una continua ronda de producción y disolución de cuerpos animales y vegetales. En esta función equilibrante del aire, ocasionada precisamente por la gran fuerza repelente de sus partículas; en su capacidad de formar parte de cuerpos tanto orgánicos como inorgánicos, y en consecuencia en su activo papel en las reacciones químicas, se revelan las semejanzas entre el aire de Hales y el éter newtoniano.

El aire era fundamental en la producción y crecimiento de animales y vegetales. Sus funciones esenciales en este terreno eran dos: cuando se hallaba en estado elástico, proporcionaba vigor a los fluidos; cuando se encontraba en estado fijo contribuía en gran medida a la unión y “firme conexión” de las partes constituyentes de los cuerpos esto es, agua, sal, azufre y tierra. Por otro lado, este “lazo de unión” que el aire proporcionaba se unía al aire externo, dando lugar a un agente muy poderoso para la disolución y corrupción de los mismos cuerpos. Y es que aunque la elasticidad de las partículas del aire era muy grande, se trataba de una propiedad que, con facilidad y en abundancia, podía ser destruida. Esto era resultado, como vimos, de la fuerte atracción de las partículas sulfurosas ácidas, que brotaban o bien del fuego o bien de la fermentación. La elasticidad no era una propiedad inmutable de las partículas aéreas.

Whence it is reasonable to conclude, that our atmosphere is a *Chaos*, consisting not only of elastick, but also of unelastick air particles, which in great plenty float in it, as well as sulphureous, saline, watry and earthy particles, which are no ways capable of being thrown off into a permanently elastick state, like those particles which constitute true permanent air.¹⁰²

El propio Hales nos proporcionó, en el último capítulo de *Vegetable Staticks*, un resumen de sus descubrimientos. La sustancia vegetal estaba constituida por dos tipos de sustancias: por un lado, azufre, sal volátil, agua y tierra (“principios” que poseían un poder de atracción) y, por otro, aire (con poderes tanto de atracción como de repulsión). Las combinaciones, la acción y reacción de estos principios permitían la realización de todas las operaciones en los cuerpos vegetales y animales. El aire, en particular, era esencial para lograr que la vegetación alcanzara su madurez: en primer lugar, gracias a su elasticidad, las partes dúctiles se distendían; y en segundo lugar, daba vida

¹⁰² *Ibidem*, 179.

y vigor a la savia, donde al mezclarse con los principios atractivos y con ayuda de un “suave” calor, nutría las diferentes partes. En el proceso de nutrición la suma del poder atractivo de los principios constituyentes superaba a la suma de su poder de repulsión, de modo tal que se unían más estrechamente cada vez, dando como resultado un grado de consistencia mayor. Cuando las partículas acuosas se infiltraban y desunían los principios constituyentes, el poder de repulsión se tornaba mayor al de atracción, con lo cual las partes de los vegetales se disolvían por completo. Sin embargo, el estado de putrefacción las hacía capaces de incorporarse nuevamente a los productos vegetales, de manera que el fondo nutritivo de la naturaleza no se agotara nunca.

Resulta evidente de qué manera Hales, a lo largo de toda esta obra, interpretaba continuamente los resultados de sus experimentos en términos de mecanismos subyacentes newtonianos. Siempre que se pregunta cuáles son los medios que permiten que algo ocurra intenta poner en marcha el programa newtoniano según el cual los cambios deben explicarse mediante la acción de fuerzas atractivas y repulsivas.¹⁰³ En el tipo de explicaciones que da Hales de los fenómenos que observa encontramos la aplicación de principios fundamentales cuyo origen es newtoniano; se trata, en pocas palabras, de la tesis según la cual la materia está conformada por partículas sujetas a leyes especiales de atracción y repulsión. De manera más inmediata, las fuentes conceptuales de Hales pueden localizarse en John Freind (quien con sus *Chymical Lectures* había intentado dar cuenta de las reacciones químicas en términos newtonianos) y James Keill (de cuya obra Hales deriva su creencia en que la nutrición, tanto de vegetales como animales, se realiza principalmente en los vasos capilares). Posiblemente, adquirió de Roger Cotes la explicación de la savia por atracción capilar y la idea de algunos de los experimentos que realizó para disminuir la fuerza elástica de los “aires”. En cualquier caso, Hales entrelazó todas estas ideas con el énfasis newtoniano en los datos cuantitativos y añadió las habilidades experimentales de un Boyle o de un Hooke. Asimismo, fue el primero —como vimos en el capítulo anterior— que vio el potencial que tenía el concepto newtoniano de fuerzas repulsivas y que consideró la tensión entre fuerzas atractivas y repulsivas como esencial para mantener el equilibrio de la naturaleza.¹⁰⁴

En efecto, Hales usaba los conceptos de fuerza de atracción o de repulsión siempre que ofrecía explicaciones acerca de los fenómenos que observaba. En la primera parte de *Vegetable*

¹⁰³ Hoskin, “Foreword”, ed. cit., p. x.

¹⁰⁴ *Ibidem*, pp. 74-75.

Statics, la que se ocupaba específicamente de la fisiología vegetal, la idea que aparecía una y otra vez era la de la fuerza de atracción, fuerza que él le parecía que operaba tanto en la nutrición de los vegetales como en el ascenso de la savia. En el *Análisis del aire*, en cambio, encontramos ampliamente ilustradas la acción tanto de la fuerza de atracción como de la fuerza de repulsión: mediante esas dos fuerzas Hales explicaba los resultados de los diversos experimentos de destilación y fermentación que había realizado (esto es, la emisión o la absorción de aire), en qué consistía el proceso respiratorio-nutritivo, la combustión, la fermentación, la putrefacción, el papel del aire en la constitución de los vegetales y, finalmente, el “balance” de la naturaleza. Hales, como Buffon subrayó en el prefacio a la traducción francesa de *Vegetable Statics*, presentaba en su libro una serie de experimentos descritos y comentados con mucho cuidado. Pero el hecho es que Hales no se contentó con realizar experimentos: propuso teorías, explicaciones que, como vimos, se inspiraban directamente en las *Queries* newtonianas. Y lo hizo porque pretendía introducir la física newtoniana en la fisiología: ofrecer explicaciones causales mediante la postulación de mecanismos subyacentes newtonianos, en el marco de una visión de los fenómenos biológicos en la que estos dependían de las leyes de física y química.

Con Hales no sólo la fuerza repulsiva se convirtió en una parte esencial de la economía de la naturaleza, sino que además su demostración del papel que el aire jugaba en procesos químicos tuvo un gran efecto en el pensamiento posterior en torno a los elementos químicos. Ello se debió, entre otras razones, a que Hales —a diferencia de Newton— parecía haber mostrado que el aire existía como tal en los cuerpos a partir de los cuales lo obtenía; de este modo, a pesar de la postura vacilante de Boerhaave en torno a este tema y a pesar de la oposición de los stahlianos estrictos, muchos investigadores se convencieron de que Hales había demostrado que el aire era un constituyente de los cuerpos, o de que, al menos, se hallaba contenido en ellos en estado no elástico. Este punto de vista ganaría apoyo con rapidez; autores como Voltaire, Venel y Macquer citarían aprobatoriamente sus descubrimientos acerca del aire fijo. Rouelle, por su parte, bajo la influencia de Hales comenzó a pensar que tanto el aire como el fuego tenían una doble función, la de instrumento y la de constituyente. Macquer afirmaría en 1766:

That earth, water and fire enter into the composition of bodies as principles, may be considered now as demonstrated by Becher and Stahl. The experiments of many philosophers and chemists, particularly Boyle and Hales, have shown that air also enters in the composition of many bodies as a principle, and even in very large quantities. Thus if we add this fourth principle to the three others above mentioned, we shall find to our surprise, that we now admit

as principles of all compounds the four elements, fire, air, water, earth, which Aristotle taught were such, long before the knowledge of chemistry was sufficient to establish this truth.¹⁰⁵

Macquer creyó pues que Hales había proporcionado una prueba concluyente de que el aire formaba parte constitutiva de la materia y esto le pareció evidencia de que la química había retornado, con mejores bases, a los cuatro elementos aristotélicos. También Baumé sostuvo en su *Manuel de Chimie* (1763) que el agua, el fuego y la tierra eran elementos, verdaderos principios primitivos de los cuerpos y a esos tres principios, añadió, se les podía unir el aire, puesto que tanto las experiencias de Boyle como las de Hales indicaban que ese elemento formaba parte de muchos compuestos y era uno de los principales constituyentes de los cuerpos organizados.¹⁰⁶

4.5 Buffon (el fuego)

La influencia conjunta de Stahl, Boerhaave y Hales permitió no sólo volver a sostener una teoría de cuatro elementos; permitió, en particular, que durante un tiempo las innumerables vacilaciones en torno al estatus del aire y del fuego se estabilizaran. El fuego y el aire sí eran elementos y podían existir tanto en estado libre como en estado fijo. Como hemos visto ya, esta teoría instrumental de los elementos fue sostenida por Buffon, explicada y expresada por él en términos newtonianos. Este aspecto novedoso de su química —relacionado sobre todo con el programa de cuantificación de las afinidades— tenía, no obstante, fuertes raíces en una historia de la química que se rehusaba a abandonar por completo conceptos y nociones sostenidos con anterioridad. El caso de la noción buffoniana de fuego es ejemplar en este sentido, pues combinaba las propuestas más recientes con las nociones más antiguas. Y justamente de esta combinación surgió la idea de que las moléculas de materia inanimada a partir de las cuales se originó la vida eran de carácter aceitoso.

Entre las primeras obras de Buffon, las que lo dieron a conocer como newtoniano en Francia, se halla la traducción de *Vegetable Staticks*, en cuyo prefacio de 1735 recomendaba:

¹⁰⁵ Macquer Pierre, "Principles", *Dictionary of Chemistry* (1766) en <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/macquer.html>

¹⁰⁶ Sobre Hales, además de los autores ya citados, ver Hanks Lesley, *Buffon avant L'•Histoire Naturelle•*, PUF. Paris, 1966; Thackray, *op. cit.* y McKie, *op. cit.*

Amassons donc toujours des Expériences, & éloignons-nous, s'il est possible, de tout esprit de système, du moins jusqu'à ce que nous soyons instruits [...]: c'est cette méthode que mon Auteur a suivie; c'est celle du grand Newton.¹⁰⁷

Buffon no se hallaba solo en esta insistencia en torno al carácter “puramente experimental” de la obra de Hales.¹⁰⁸ Lo que es importante, en todo caso, es que no fue la parte experimental de ese trabajo lo que influyó principalmente sobre Buffon, sino, ante todo, su parte interpretativa y reflexiva, la que señalaba hacia posibles generalizaciones. Como Buffon diría en 1749, para él,

L'étude de la Nature suppose dans l'esprit deux qualités [...], les grandes vûes d'un génie ardent qui embrasse tout d'un coup d'œil, & les petites attentions d'un instinct laborieux qui ne 's'attache qu'à un seul point.¹⁰⁹

Y es que su concepción de historia natural exigía que esta empresa no se limitara a descripciones exactas y a hechos particulares; al contrario, debía aspirar a algo más:

C'est de combiner les observations, de généraliser les faits, de les lier ensemble par la force des analogies, & de tâcher d'arriver à ce haut degré de connoissance où nous pouvons juger que les effets particuliers dépendent d'effets plus généraux, où nous pouvons comparer la Nature avec elle-même dans ses grandes opérations, & d'où nous pouvons enfin nous ouvrir des routes pour perfectionner les différentes parties de la Physique.¹¹⁰

Para lograr esto, sostenía, hacía falta un razonamiento formado más bien por la reflexión que por el estudio. Así pues, aunque el enfoque experimental de Hales despertó el interés de Buffon en este método de estudiar la naturaleza, no fue realmente el aspecto experimental el que Buffon se apropió como modelo. Lo que vio en Hales fue la posibilidad de construir desde ya una “física de las plantas” y, en particular, fue el “Análisis del aire” el que capturó la imaginación buffoniana en más de un sentido. Temas como el balance de la naturaleza, la constitución de los seres vivos, el juego de la atracción y la repulsión serían fundamentales para su *Historia natural*. Se trata de una influencia que, visible a lo largo de toda la obra de Buffon, destaca claramente en la “Première Vue” de 1764, donde comenzaba afirmando que la naturaleza era un sistema de leyes establecidas por Dios para la existencia de las cosas y para la sucesión de los seres. Como en Newton, era la constancia de esas mismas leyes la que permitía su conocimiento y en este sentido Buffon señalaba que la naturaleza no se apartaba nunca de ellas, que no alteraba en nada los planes que le habían

¹⁰⁷ Buffon, “Préface du traducteur a La Statique des Végétaux et l'Analyse de l'Air” (1735), en **Œuvres Philosophiques**, Presses Universitaires de France, Paris, 1954, pp. 5-6.

¹⁰⁸ Ver Hanks, *op. cit.*

¹⁰⁹ Buffon, “De la manière d'étudier et de traiter l'Histoire Naturelle” (1749), **Œuvres Philosophiques**, *op. cit.*, p.

7.

¹¹⁰ *Ibidem*, p. 23.

sido trazados. Ahora bien: si los efectos a que esa actividad natural daba lugar eran los fenómenos del mundo, los medios que para ello utilizaba eran fuerzas indestructibles, esto es, decía, fuerzas que el tiempo y el espacio no podían destruir. Resulta en extremo interesante que a continuación Buffon caracterizara a esas fuerzas de manera análoga a la de Hales, esto es, como fuerzas que se hallaban en oposición constante, a pesar de lo cual no se extinguían en virtud precisamente de que se equilibraban. En espera de una reducción completa al efecto más general posible, reducción que intentaría unos diez años después, por lo pronto Buffon describía dos tipos de fuerzas como protagonistas de la actividad natural. La primera de ellas penetraba y transportaba los cuerpos, la segunda los calentaba y los animaba; lo que quería decir que mientras la atracción y la impulsión actuaban sobre los cuerpos brutos, el calor y las moléculas orgánicas permitían la formación y el desarrollo de los seres organizados. Desde esta perspectiva general lo que sobresalía en primer lugar era la oposición y el equilibrio entre atracción e impulsión que daban lugar a la “arquitectura móvil” de los sistemas planetarios, estableciendo “dans le milieu du vuide, des lieux fixes & des routes déterminées”.¹¹¹

Así, decía, en el seno mismo del movimiento nacía el equilibrio de los mundos y el reposo del universo. En un segundo nivel se hallaba la oposición entre planetas y cometas; estos últimos mundos en “desorden”, a diferencia de los primeros que tenían órbitas más regulares, movimientos más iguales y una temperatura constante. En este contexto, los planetas, en particular el nuestro, aparecían entonces como sitios de reposo en los que todo era constante y permitía a la naturaleza establecer y desarrollar sus planes. Sin embargo también aquí el reposo implicaba movimiento: el océano, por ejemplo, se balanceaba siguiendo oscilaciones regulares de flujo y de reflujo. Un año más tarde, en *Seconde Vue*, Buffon retomó el tema del equilibrio de la naturaleza. Aquí, frente al carácter variable y efímero de los individuos destacaba la permanencia de la especie como un todo siempre igual a sí mismo; o frente a la destrucción y la renovación de la naturaleza en particular sobresalía su permanencia y duración en general. El hombre capaz de ver la naturaleza desde una perspectiva general, sostuvo Buffon, “trouve les espèces constantes, la Nature invariable”.¹¹²

¹¹¹ Buffon, *Première Vue* (1764), *Œuvres Philosophiques*, Presses Universitaires de France, Paris, 1954, p. 31.

¹¹² Buffon, *Seconde Vue* (1765), *Œuvres Philosophiques*, Presses Universitaires de France, Paris, 1954, p. 36.

Y es que, explicó, la naturaleza como un todo era fija, mientras que sus partes eran móviles. El vínculo que unía a toda esta diversidad era, nuevamente, la fuerza de gravedad; y es que las fuerzas penetrantes que animaban a los cuerpos celestes, haciendo que actuaran a distancia y recíprocamente los unos sobre los otros, animaban también cada átomo de materia.

Cette propension mutuelle de toutes ses parties les unes vers les autres est le premier lien des êtres, le principe de la consistance des choses, & le soutien de l'harmonie de l'Univers.¹¹³

El equilibrio de la naturaleza se basaba para Buffon en el juego establecido entre fuerzas atractivas y fuerzas repulsivas, tema en el que también se deja sentir la influencia de Hales. En 1783, en “De la Figuration des Minéraux”, explicó una vez más sus ideas a este respecto; el principal instrumento con el cual la Naturaleza realizaba todas sus maravillas, dijo, era la fuerza “universal, constante y penetrante” que animaba a todo átomo de materia y en virtud de la cual cada átomo poseía una tendencia a acercarse a los otros. El segundo gran medio era el calor, que tendía a separar todo lo que la fuerza de gravedad tendía a reunir; aunque —como a continuación veremos— la fuerza del calor se hallaba subordinada a la de atracción de un modo tal que incluso podía reducirse a esta última, la actividad unida de ambas producía un equilibrio dinámico. En el mismo año que mencionamos, en el contexto de sus reflexiones en torno al azufre, Buffon caracterizó así a este movimiento de la naturaleza:

Son mouvement plus que perpétuel, aidé de l'éternité du temps, produit, entraîne, amène toutes les révolutions, toutes les combinaisons possibles; pour obéir aux loix établies par le souverain Être, elle n'a besoin ni d'instrumens, ni d'adminicules, ni d'une main dirigée par l'intelligence humaine; tout s'opère, parce qu'à force de temps tout se rencontre, & que dans la libre étendue des espaces & dans la succession continue du mouvement, toute matière est remuée, toute forme donnée, toute figure imprimée; ainsi tout se rapproche ou s'éloigne, tout s'unit ou se fuit, tout se combine ou s'oppose, tout se produit ou se détruit par des forces relatives ou contraires, qui seules sont constantes, & se balançant sans se nuire, animent l'Univers & en font un théâtre de scènes toujours nouvelles, & d'objets sans cesse renaissans.¹¹⁴

Ya desde 1774, en *Des Élémens* —la introducción a su historia de los minerales— Buffon había subrayado que las dos fuerzas fundamentales de la naturaleza eran la gravedad y el calor y que la “dirección” de cada una de ellas era diametralmente opuesta a la de la otra, lo cual, añadía, no impedía de ningún modo que ambas ejercieran su acción; al contrario, sostuvo, se equilibraban sin destruirse nunca y de su combinación resultaban todos los fenómenos del universo. En su búsqueda de explicaciones causales que, de manera análoga a las de Hales, tuvieran como base

¹¹³ *Ibidem*, p. 37.

¹¹⁴ Buffon, “Du Soufre”, *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome II, Imprimerie Royale, Paris, 1783, p. 107.

mecanismos subyacentes newtonianos, Buffon retomó nociones que había expuesto ya al principio de su carrera al afirmar que el conocimiento de la causa de un efecto particular pasaba por o bien compararlo con otros efectos particulares, o bien reducirlo a un efecto general. De esta forma, una vez establecido que la gravedad es el efecto más general posible, se podía intentar la reducción del calor, en tanto efecto particular, a la gravedad.

Ne pouvons-nous pas concevoir que cette attraction se change en répulsion toutes les fois que les corps s'approchent d'assez près pour éprouver un frottement ou un choc des uns contre les autres?¹¹⁵

La impenetrabilidad, en tanto resistencia esencial de la materia, impedía que dos cuerpos ocuparan el mismo espacio; así pues, cuando dos moléculas se atraían entre sí, y con una fuerza que aumentaba conforme se aproximaban entre ellas, el choque ocurría inevitablemente. Como resultado, la resistencia de las partículas se transformaba en una fuerza reactiva en virtud de la cual, con el contacto, los corpúsculos se repelían con tanta velocidad como la que habían adquirido en el momento de tocarse. A la acción de la fuerza atractiva seguía la reacción de una fuerza expansiva. Esta última no era entonces una fuerza particular opuesta a la primera, sino un efecto derivado de ella que se manifestaba en todas las ocasiones en que los cuerpos chocaban o se frotaban entre sí.

Le chaleur, la lumière, le feu, qui sont les plus grands effets de la force expansive, seront produits toutes les fois qu'artificiellement ou naturellement les corps seront divisés en parties très-petites, et qu'ils se rencontreront dans des directions opposées.¹¹⁶

En la medida en que la materia era más tenue adquiría más resorte; de menor a mayor sutilidad tenemos en este sentido a la tierra, el agua, el aire y el fuego. Ya que los átomos de este eran los más pequeños y los más perfectamente elásticos, el fuego era el tipo de materia con mayor fuerza expansiva; y es que si las moléculas se precipitaban unas contra otras con mayor velocidad, si se hallaban más separadas, la reacción era más fuerte y por tanto el calor más sensible, la luz más viva y el fuego más violento. De lo cual se concluía, casi de manera evidente, que bajo ciertas circunstancias toda materia podía convertirse en luz, calor o fuego. En palabras de Buffon bastaba con que las moléculas de una sustancia cualquiera tuvieran la libertad suficiente para obedecer sin restricción a la fuerza de gravedad; al encontrarse esas partículas, se alejarían unas de otras con tanta velocidad como la que habían adquirido en el momento del contacto.

¹¹⁵ Buffon, "Des Élémens" (1774), *Œuvres Complètes de Buffon*, Tome I, Furne et Cie., Paris, 1839, p. 499.

¹¹⁶ *Ibidem*, p. 500.

La lumière, la chaleur et le feu ne sont pas des matières particulières, des matières différentes de toute autre matière; ce n'est toujours que la même matière qui n'a subi d'autre altération, d'autre modification, qu'une grande division de parties, et une direction de mouvement en sens contraire par l'effet du choc et de la réaction.¹¹⁷

Y a la inversa, mientras que la repulsión y el subsiguiente choque de las partículas excesivamente divididas era lo que se requería para que una materia cualquiera se convirtiera en luz, la luz misma podía convertirse en otra materia mediante “la suma de sus partes” realizada por la atracción de otros cuerpos. El juego de atracción y repulsión le permitía a Buffon no sólo reducir la fuerza del calor a la de la gravedad, sino, también, en el siguiente nivel, proponer que todos los elementos eran convertibles entre sí, que la fijeza dependía de la fuerza atractiva y la volatilidad de la misma fuerza, pero convertida en repulsiva. Y aunque el ejemplo de Hales y la influencia de las *Queries* se transparentan en este tratamiento de la luz y de la materia, la postura de Buffon es más audaz al menos en lo que respecta a sus intenciones reduccionistas.

Por otro lado, en este nivel de generalidad Buffon no hacía distinción alguna entre luz, calor y fuego. A pesar de que a continuación describe el “pequeño número de propiedades” en que difieren, en su perspectiva destacan mucho más las coincidencias. Por ejemplo, sostenía a la manera de Boerhaave que el calor, a diferencia de la luz, se hallaba difundido por toda la materia sólida: “Toute la matière connue est chaude”.¹¹⁸ No sólo el calor penetraba en todos los cuerpos expuestos a él, sino que además, todo frotamiento —es decir, movimiento en sentidos contrarios— entre materias sólidas producía calor. Pero a la manera de la luz, y del fuego como veremos, el calor que parecía no fijarse y sí, al contrario, impedir la unión de las partículas de materia; el calor cuya actividad parecía consistir precisamente en separar esas partículas, podía en ciertos casos también “residir” en los cuerpos. En este sentido Buffon hacía la distinción entre dos tipos de calor; el luminoso, cuya fuente era el sol, y el oscuro, cuya fuente principal era el mismo globo terráqueo.

Cette grande chaleur qui réside dans l'intérieur du globe [...] doit entrer comme élément dans la combinaison de tous les autres élémens. Si le soleil est le père de la nature, cette chaleur de la terre en est la mère, et toutes deux se réunissent pour produire, entretenir, animer les êtres organisés, et pour travailler, assimiler, composer les substances inanimées.¹¹⁹

¹¹⁷ *Ibidem*.

¹¹⁸ *Ibidem*, p. 504.

¹¹⁹ *Ibidem*, p. 507.

Del mismo modo, la luz que incidía sobre un cuerpo no era reflejada por este en su totalidad; una gran cantidad de ella permanecía en el pequeño espesor de la superficie que tocaba. Tal permanencia la hacía perder su movimiento, extinguirse y, finalmente, fijarse, convirtiéndose así en una parte constituyente de todo aquello que penetrara. El vínculo entre luz, el calor y el fuego era más fundamental entonces que lo que los separaba; ante todo ese vínculo estaba constituido por la fuerza expansiva que caracterizaba a los tres elementos de la triada, pero también por su capacidad de perder el movimiento y fijarse en los cuerpos. En este sentido, para Buffon, la luz-calor-fuego podía tener, según las circunstancias, tanto un carácter instrumental como un carácter elemental.

El calor como instrumento era el responsable de toda fluidez y, al actuar sobre el elemento tierra, producía las sublimaciones, precipitaciones, agregaciones y separaciones que ocurrían al interior de y sobre la superficie terrestre. Impedía la unión de las partículas de la materia y, debido a ello, mantenía la rarefacción del aire permitiendo la respiración. Ya que las partículas constituyentes del aire poseían el menor grado de adherencia posible entre ellas, pues tenían una figura que sólo podía tocarse en un punto, el aire era de todas las materias conocidas la que el calor podía, con mayor facilidad, dividir y poner en movimiento expansivo.

Ainsi l'air est tout près de la nature du feu, dont la principale propriété consiste dans ce mouvement expansif; et, quoique l'air ne l'ait pas par lui-même, la plus petite particule de chaleur ou de feu suffisant pour lui communiquer.¹²⁰

El aire, de entre todas las sustancias, era la que más fácilmente podía adquirir movimiento expansivo y, consecuentemente, la sustancia que el fuego podía “arrastrar”, “arrancar” con preferencia a cualquier otra; era, en este sentido, el “primer alimento” del fuego y sin él el fuego no podía apropiarse de las materias combustibles, su “segundo” alimento. El aire se mezclaba con las materias combustibles, modificándolas de tal modo que las acercaba a la naturaleza del fuego; era, en otras palabras, el medio gracias al cual fuego y materias combustibles se reunían. Y es que tanto en el proceso de combustión como en otros, el aire y el fuego jugaban un papel instrumental esencial; el ácido más concentrado, por ejemplo, era líquido precisamente debido a la cantidad de aire y de fuego que contenía: “Toute liquidité, et même toute fluidité, suppose la présence d'une certaine quantité de feu.”¹²¹ El fuego, pues, ocasionaba el movimiento que permitía a su vez la realización de algunas reacciones químicas.

¹²⁰ *Ibidem*, p. 509.

¹²¹ *Ibidem*, p. 531.

Aunque el calor parecía tener como actividad principal el impedir la unión de las partículas de la materia, “il y a des cas où la chaleur se fixe à demeure dans les corps.”¹²² A la tendencia a la separación se oponía así una tendencia a la fijación, cuya explicación requería de considerar, en primer lugar, que la fijeza y la volatilidad eran cualidades relativas —ninguna materia poseía una fijeza absoluta o invencible; el calor podía dilatar incluso los cuerpos más fijos— y, en segundo lugar, que había una diferencia entre la volatilidad y la verdadera combustibilidad. Mientras que para que una materia se volatilizara bastaba con que sus partículas se hallaran lo suficientemente divididas como para poder ser arrancadas por las del calor, para la combustión se necesitaba que tales partículas poseyeran una naturaleza análoga a la del fuego. Así, la distinción más importante entre las materias combustibles y las incombustibles era que estas últimas carecían, por completo o casi por completo, de las materias ligeras, aéreas, aceitosas, susceptibles de adquirir movimiento expansivo; y si contenían tales partículas era en estado fijo. Las materias particulares en las que predominaran la tierra o el agua serían fijas y se volatilizarían únicamente mediante la acción del calor; en contraste, las materias que contuvieran más aire y fuego serían verdaderamente combustibles. En ellas el aire y el fuego, volátiles en primera instancia, se habían fijado de modo tal que se habían convertido en partes constituyentes, esto es, en aire y fuego fijos. De este modo, para Buffon, el fuego (y junto con él el aire) dejaban en un momento dado de jugar un papel instrumental para pasar a jugar uno verdaderamente elemental, constitutivo, y esto en el marco del juego de contrarios una vez más: y es que eran las materias más fijas y menos combustibles —aquéllas cuya naturaleza era lo más diferente posible a la del fuego— las que paradójicamente retenían el aire y el fuego con mayor fuerza. Como resultado, toda materia, de cualquier especie, poseía una cantidad constante de fuego, cantidad que

me paraît être non-seulement un des grands ressorts du mécanisme de la nature, mais en même temps un élément dont toute la matière du globe est pénétrée; c'est le feu élémentaire, qui, quoique toujours en mouvement expansif, doit, par sa longue résidence dans la matière [...] s'unir, s'incorporer avec elle.¹²³

El fuego fijo era una sustancia material, sujeta como toda otra sustancia, a la ley general de la materia; en este sentido, aunque era el cuerpo más ligero tenía peso y, además, debía sostener también relaciones de afinidad con el resto de los cuerpos. En otras palabras, podía tener mayor o

¹²² *Ibidem*, p. 506.

¹²³ *Ibidem*, p. 511.

menor afinidad con distintas sustancias y poca o ninguna con muchas otras; por ejemplo, el fuego tenía la mayor afinidad con aquellas sustancias a las que hacía más pesadas, el plomo entre ellas.

Un des effets de cette affinité dans chaque matière est de retenir la substance même du feu et de se l'incorporer; et cette incorporation suppose que non-seulement le feu perd sa chaleur et son élasticité, mais même tout son mouvement, puisqu'il se fixe dans ces corps et en devient partie constituante.¹²⁴

Es desde la teoría de las afinidades que Buffon, en última instancia, puede concebir al fuego como un cuerpo fijo, verdadero elemento, y esto incluye desde luego al resto de los elementos dando lugar a una teoría renovada de los cuatro elementos tradicionales. Desde esta perspectiva, el fuego podía dejar de ser mero instrumento de movimiento y podía concebirse la esperanza de que, así como Hales había logrado separar el aire fijo de ciertos cuerpos y medir la cantidad de tal aire, llegaría un día en que un "physicien habile" encontraría el modo de obtener el fuego de todas las materias en las que se hallaba fijo. Y es que desde este enfoque a Buffon le parecía evidente que las materias cuyo peso aumentaba por la acción del fuego poseían una fuerza atractiva mayor que la fuerza expansiva de las partículas de fuego, de manera que, debido a tal atracción, el fuego era amortiguado y extinguido, su movimiento cesaba, y sus partículas que antes eran elásticas y fugitivas se convertían en sólidas y fijas, adoptando una forma concreta. Sustancias como el estaño, el plomo, las "flores" de zinc, etc., a las que el fuego hacía aumentar de peso, eran sustancias que tenían afinidad con él y que, por tanto, lo atraían y lo incorporaban a su propia materia. Por el contrario sustancias como el hierro y el cobre, que al calcinarse se hacían más ligeras, eran materias cuya fuerza atractiva era menor a la fuerza expansiva del fuego, lo cual ocasionaba que el fuego les quitara aquellas partes menos ligadas que no podían resistirse a su impulsión.

La teoría de las afinidades, que Buffon creía reductible a la ley newtoniana de la gravedad, le permitía asimismo criticar a la química de su tiempo. Esta "bella ciencia", decía, hasta el momento se había apoyado sobre una nomenclatura precaria, sobre palabras vagas y generales; la naturaleza del fuego, único instrumento de ese arte, no se conocía en absoluto y se ignoraban también sus relaciones con otros cuerpos. Por tal motivo, no se sabía qué era lo que el fuego añadía o arrebatava a las materias sometidas a su acción ni tampoco lo que le ocurría a esas materias después de las operaciones de la química. Pero el enfoque buffoniano, según él mismo pensaba, ofrecía la posibilidad de dar cuenta de lo que le ocurría a esas sustancias al interactuar con el fuego,

¹²⁴ *Ibidem*, pp. 514-515.

de explicar temas como la combustión y la calcinación, y de incorporar los descubrimientos de Hales acerca del aire fijo. El fuego, sostuvo Buffon, rarificaba al aire hasta el punto de debilitar fuertemente su resorte y, ya en ese estado, el elemento aéreo podía fijarse y unirse sin resistencia a otros cuerpos. Y es que la debilitación del resorte del aire lo hacía extenderse hasta el punto de no poder recobrar su forma antigua, hasta el punto de perder toda su potencia elástica; el aire, en ese momento, dejaba de ser volátil para pasar a ser una sustancia fija, capaz de incorporarse a otras sustancias y formar parte constituyente de ellas, ya fuera al unírseles por contacto o al penetrar en su interior con ayuda del calor. Ya que el fuego más pequeño era suficiente para destruir el resorte del aire, para que a su vez el aire sin resorte se fijara en los cuerpos no se requería más que tiempo, más o menos tiempo dependiendo de la afinidad que tuviera bajo esa nueva forma con las materias a las que se unía. Y, siguiendo con las ideas de Hales, Buffon añadía que el aire era una parte muy importante de la alimentación del vegetal, que lo asimilaba, lo fijaba y lo conservaba.

Les matières animales et végétales contiennent toutes une très-grande quantité de cet air fixe; c'est en quoi consiste l'un des principes de leur inflammabilité.¹²⁵

Tanto los animales como los vegetales, sus partes, sus restos, las materias que de ellos provenían y las sustancias con las que sus restos se mezclaban, contenían aire fijo (y también aire elástico) que podía liberarse mediante la simple fermentación. El calor interno del globo terráqueo —que entraba como elemento en todas las combinaciones de otros elementos— era el principal causante de esta fijación del aire, produciendo así un gran número de sustancias que contenían tanto aire como calor fijos, esto es, los primeros principios de la combustibilidad, pero en ese proceso intervenían también los seres vivos:

On peut regarder chaque animal ou chaque végétal comme un petit centre particulier de chaleur ou de feu qui s'approprie de l'air et l'eau qui l'environnent, se les assimile pour végéter, ou pour se nourrir et vivre des productions de la Terre, qui ne sont elles-mêmes que de l'air et de l'eau précédemment fixés, il s'approprie en même temps une petite quantité de terre.¹²⁶

Finalmente la luz y el calor del sol jugaban también un papel, pues, recibidos junto con el calor de la Tierra por cada animal o vegetal, le permitían a estos transformar los distintos elementos en su propia sustancia.

¹²⁵ *Ibidem*, p. 525.

¹²⁶ *Ibidem*, p. 531.

El medio por el cual se producía esta asimilación, esta fijación del aire y del fuego por parte de los seres vivos, era la respiración. De la misma forma en que en la combustión el aire era un instrumento esencial, en cuanto reunía fuego y materia combustible, el aire contribuía también a producir el calor animal y vital. Por tal motivo, los animales que respiraban aire y en consecuencia poseían pulmones, presentaban una temperatura mayor que los seres vivos que carecían de ellos. Por otro lado, en la medida en que la superficie interior de los pulmones se extendiera y ramificara en número más grande de bronquios, el grado de calor de la sangre era mayor. Así pues, el grado de calor tanto en hombres como en animales dependía de la fuerza y extensión de sus pulmones, verdaderos fuelles de la maquinaria animal. Los pulmones mantenían y aumentaban el fuego vital dependiendo de su potencia y de que su movimiento fuera más o menos rápido.

Si l'on considère que la chaleur et le feu sont des effets et même des éléments du même ordre, si l'on se rappelle que la chaleur raréfie l'air, et qu'en étendant son ressort elle peut l'affaiblir au point de le rendre sans effet, on pourra penser que cet air tiré par nos poumons, s'y raréfiant beaucoup, doit perdre son ressort dans les bronches et dans les petites vésicules où il ne peut pénétrer qu'en très-petit volume, et en bulles dont le ressort, déjà très-étendu, sera bientôt détruit par la chaleur du sang artériel et veineux.¹²⁷

Los vasos sanguíneos se hallaban separados de las vesículas pulmonares por barreras tan delgadas que permitían pasar ese aire a la sangre, donde producía el mismo efecto que sobre el fuego común. Finalmente, el calor de la sangre era suficiente para destruir totalmente la elasticidad de las partículas del aire, fijándolas y llevándolas a todo el cuerpo. La función de la respiración pareciera ser doble entonces: aportar el aire que si por un lado es necesario para mantener el fuego vital, por otro se fijará gracias a la acción de ese calor interno y devendrá una parte importante de la constitución del ser vivo.

Son estos mismos dos aspectos del fuego, es decir, el expansivo asociado a las fuerzas repulsivas y el constituyente vinculado a fuerzas de atracción, los que Buffon pone en juego para explicar combustión y calcinación como procesos análogos. Mediante la calcinación, señaló, el peso del plomo aumentaba, mientras que el del mármol disminuía; en el primer caso el fuego parecía aportar materia desconocida, mientras que en el segundo parecía arrebatarla. Ya mencionamos que Buffon creía haber descubierto la naturaleza de la "materia desconocida" que se añadía; se trataba, según él, ni más ni menos que de la sustancia misma del fuego. La calcinación, explicaba, tomada en general era para los cuerpos fijos y no combustibles lo mismo que la

¹²⁷ *Ibidem*, pp. 523-524.

combustión para las materias volátiles e inflamables; y es que en primer lugar en ambos casos se requería del concurso, instrumental, del aire. Y aunque sus efectos parecieran opuestos —pues con la combustión disminuían el volumen o la masa y con la calcinación un gran número de materias aumentaba de peso— se trataba de procesos del mismo tipo, lo cual podía mostrarse mediante un ejemplo *ad hoc*. Imaginemos, decía Buffon, una materia en la que la mitad de las partes fueran fijas y la otra mitad volátiles; al aplicarse el fuego, las partes volátiles entrarían en movimiento expansivo, se quemarían, y se separarían de la masa total.

En général toute inflammation, toute combustion n'est que la mise en liberté par le concours de l'air, du feu fixe contenu dans les corps.¹²⁸

Al seguirse aplicando fuego a la mitad restante, la formada por partículas fijas, esta comenzaría a adquirir masa a expensas del aire y del fuego que la penetraban sin cesar; esto es, aumentaría de peso por la adición de partículas de luz, calor y aire. En última instancia, la ganancia o la pérdida de peso mediante la aplicación de fuego dependía solamente de las afinidades existentes entre las distintas sustancias y el aire y el fuego mismos. Así, la mayoría de los minerales metálicos y de los metales contenían una gran cantidad de partículas combustibles (capaces de entrar en movimiento expansivo), pero si luego de esta combustión se les seguía sometiendo a la acción del fuego, comenzaba la calcinación. Durante este proceso, como dijimos, en lugar de perderse partes, se agregaban al metal o sus restos partículas de aire y de calor, que devenían fijas. Lo cual quería decir que si en la combustión las fuerzas expansivas del fuego y del aire prevalecían, en la calcinación fuego y aire eran atraídos y fijados en virtud de una fuerte afinidad con las partes no combustibles, no volatilizables. Y que a fin de volver a separar estas partículas de aire y fuego fijas, se requería de añadir a la sustancia metálica alguna materia combustible con la cual esas partículas poseyeran mayor afinidad que con las del mineral. La reducción podía explicarse entonces como una segunda combustión en la que las partes de aire y calor fijos, que la calcinación había obligado a incorporarse al metal, eran separadas al proporcionársele a este último las partes volátiles y combustibles que se habían desprendido mediante la combustión inicial.

Aunque un poco más adelante hablaremos acerca de la fuerte crítica que hizo Buffon a la teoría del flogisto, vale la pena notar las coincidencias —desde luego no señaladas por este autor— entre ambas perspectivas, sobre todo en lo concerniente a la combustión. Y es que a inicios del

¹²⁸ Buffon, "Du Soufre", *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome II, Imprimerie Royale, Paris, 1783, p. 115.

siglo XVIII, algunos investigadores franceses —como Homberg— habían sostenido al igual que los paracelsianos que todo cuerpo combustible contenía en sí una gran cantidad de la sustancia misma de la luz, o de azufre-principio, que se disipaba en forma de flama durante la combustión.

C'est la matiere de la lumiere qui est notre Souphre principe, & le seul principe actif de tous les mixtes. [...] La flame est un mélange de la matiere de la lumiere avec l'huile du bois ou de quelqu'autre corps que se soit qui brûle, & [...] cette huile étant la partie sulphureuse du mixte; c'est-à-dire celle dans laquelle s'est arrêté la matiere de la lumiere qui agit dans ce mixte, elle est plus propre qu'aucune autre partie de ce mixte, pour en recevoir & pour en retenir une plus grande quantité lorsqu'elle se présentera pour la penetrer.¹²⁹

Posteriormente, en 1738, Algarotti explicaba que aunque en general la fuerza refractiva de un medio —el aire, el agua, el vidrio— aumentaba a medida que su densidad era mayor, había excepciones; estas eran los licores aceitosos o sulfurosos, inflamables, que poseían mayor fuerza refractiva que cualquier otro licor. La mayor refractividad asociada en este caso a una densidad menor se explicaba mediante la postulación de una correspondencia entre la luz y esos licores; en otras palabras, la correspondencia entre la luz y esos cuerpos combustibles era una muestra de que estaban compuestos por luz.

Cette réfraction plus forte dans une moindre densité de milieu dérive d'une autre correspondance particuliere, qu'il y a entre la Lumiere & certaines liqueurs.¹³⁰

Mucho más tarde, en 1779, Senebier argumentaba que la inflamabilidad provenía del hecho de que la luz formaba parte de aceites, resinas, materias sulfurosas y materias fosfóricas; y es que si la luz estaba formada por partículas, si era corpórea, debía tener también como cualquier otro cuerpo sus relaciones de afinidad con otras sustancias. De tal modo, y en la medida en que en la teoría de las afinidades se encuentra implícita la idea de que lo semejante atrae a lo semejante más que a lo diferente, la luz aprisionada en el combustible poseía una tendencia a atraer hacia sí la luz exterior.

Ciertamente Buffon recogió este tipo de ideas; al reflexionar acerca de estos temas, dedujo que el diamante, debido a que presentaba un índice de refracción demasiado elevado con respecto a su densidad, debía ser combustible.

La puissance réfractive des corps transparens devient d'autant plus grande qu'ils ont plus d'affinité avec la lumière ; & l'on ne doit pas douter que ces corps ne contractent cette plus forte affinité par la plus grande quantité de feu qu'ils contiennent ; car ce feu fixe agit sur le feu

¹²⁹ Homberg, "Du Souphre Principe", en *Histoire de L'Académie Royale des Sciences*, Année 1705, Paris, 1730, pp. 89 y 90-91. Acerca de este tipo de investigaciones y su continuidad con la alquimia, ver John C. Powers, " 'Ars Sine Arte': Nicholas Lemery and the End of Alchemy in Eighteenth-Century France", *Ambix*, XLV, no. 3, 1998.

¹³⁰ Algarotti, *Le Newtonianisme pour les Dames*, tome II, Paris, 1738, p. 271.

libre de la lumière, & rend la réfraction des substances combustibles d'autant plus forte qu'il réside en plus grande quantité dans ces mêmes substances.¹³¹

Las hipótesis, que para Buffon eran prácticamente certezas, de donde deducía que el diamante debía ser combustible eran que la materia estaba formada por corpúsculos, sometidos todos a la ley de la atracción; que, como hemos visto, la luz era corpórea y que sus partículas podían entrar en la composición de los cuerpos; y que en estado libre las partículas de luz podían ser atraídas por esos cuerpos. Así pues, si un cuerpo no contenía partículas de la luz, atraía a la luz en estado libre proporcionalmente a su densidad, pero si efectivamente contenía tales partículas, en primer lugar, era un cuerpo combustible y, en segundo, atraía con más fuerza hacia sí a la luz en estado libre que un cuerpo que no las contuviera. Esto es, había una suerte de conveniencia entre la luz libre y la luz fija que la teoría de las afinidades permitía fijar y calcular y, desde ese punto de vista, la combustión —como vimos— era un fenómeno de descomposición durante el cual la materia de la luz se separaba de las sustancias con las cuales se hallaba anteriormente combinada.

Ahora bien, si el flogisto de Stahl, tan semejante en varios aspectos al azufre paracelsiano, se interpretaba como la materia de la luz fija en los cuerpos o el azufre-principio de Homberg, podía identificarse con la materia de la luz newtoniana. Aunque para Stahl la combustión y la calcinación eran ambos procesos durante los cuales se perdía algo, el flogisto, mientras que para los newtonianos como Buffon la calcinación era en realidad lo inverso a la combustión, las diferencias en este punto se atenuaron frente a las coincidencias en torno a lo que le ocurría a materiales como la madera, el carbón y los licores transparentes. En Buffon la combustibilidad del diamante parecía verificar simultáneamente la teoría de la corporalidad de la luz, la teoría de la gravitación aplicada al mundo de las partículas, la teoría de las afinidades químicas y la teoría del flogisto.

La noción de flogisto, sustancia que se desprendía durante la combustión y que formaba parte de todo material combustible, no era absolutamente distinta del concepto de fuego fijo de Buffon. El fuego fijo, durante la combustión, se separaba también de la materia a la que se hallaba incorporado y, al igual que el flogisto, era un constituyente de toda sustancia combustible. Más que desechar por completo las ideas de la química stahlina, lo que Buffon parece haber realizado es una suerte de integración entre ellas y las concepciones newtonianas de fuerzas atractivas y repulsivas, integración en la que son estas últimas los mecanismos explicativos subyacentes. De la

¹³¹ Buffon, "Diamant", *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome IV, Imprimerie Royale, 1786, p. 265.

misma forma en que había reducido el calor a la gravedad, la fuerza expansiva a la atractiva, Buffon encuentra para las afinidades stahlianas y sus antecedentes paracelsianos, para el flogisto y el azufre principio, una explicación desde la cual lo que rige siempre en última instancia es la ley de la gravedad universal. El newtonismo que profesaba no fue nunca un obstáculo para su absorción de ideas mucho más tradicionales.

“Rien, selon moi, n’est combustible que ce qui a été formé par une chaleur douce”,¹³² sostenía Buffon; ello quería decir que las materias combustibles estaban constituidas siempre por materia animal o vegetal, esto es, por partículas de luz, calor y aire que el sol había “vivificado” o que el calor interno de la Tierra había reunido. Así el azufre o la piritita eran combustibles porque contenían una cantidad más o menos grande de residuos animales y vegetales, partes combustibles que a su vez contenían una cantidad mayor o menor de aire y fuego fijos. En general, el grado de combustibilidad de los minerales dependía de la cantidad de azufre que contenían.

Pero si este tipo de minerales debía su origen a los seres vivos, había otro tipo de sustancia cuya formación era aparentemente anterior: el ácido. En 1783 Buffon afirmó que la unión original entre aire y fuego, la primera combinación de todas, realizada cuando la esfera planetaria se hallaba todavía ardiente, había producido el ácido primitivo, a partir del cual —ya en combinación con materias acuosas, terrosas o metálicas— se formaron las sustancias salinas.

Comme cet acide s’est formé par la seule union de l’air avec le feu, il me paroît que ce premier acide le plus simple & le plus pur de tous, est l’acide aérien, auquel les Chimistes récents ont donné le nom d’acide méphitique, qui n’est que de l’air fixe, c’est-à-dire, de l’air fixé par le feu.¹³³

El ácido primitivo dio lugar a todos los otros ácidos y álcalis. En primer lugar se unió a la materia vitrificable que constituye la gran masa de nuestro planeta y formó el ácido vitriólico; en segundo lugar, se unió con las materias metálicas originando el ácido arsenical. Tiempo después,

ce même acide aérien & primitif est entré dans la composition de tous les corps organisés, et se combinant avec leurs principes, il a formé par la fermentation, les acides animaux & végétaux, & l’acide nitreux par la putréfaction de leurs détrimens.¹³⁴

Para Buffon era una certeza que el ácido aéreo primitivo, unión de aire y fuego, existía en todas las sustancias animales y vegetales, en los cuales se manifestaba bajo la forma primitiva de aire fijo. El aire fijo que se obtenía de las materias calcáreas, el que resultaba de la primera fermentación de

¹³² Buffon, “Des Élémens” (1774), *Cœuvres Complètes de Buffon*, Tome I, Furne et Cie., Paris, 1839, p. 525.

¹³³ Buffon, “Des Sels”, *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome II, Imprimerie Royale, Paris, 1783, p. 145.

¹³⁴ *Ibidem*, p. 147.

todos los vegetales, el que se formaba por la respiración de los animales eran todos uno y el mismo, este ácido aéreo primitivo. Así pues, a la inversa, la descomposición de sustancias animales y vegetales podía dar lugar a ácidos que, debido a su origen, contenían los principios de la combustión. El salitre, señalaba Buffon, se formaba inmediatamente a partir de los restos de esas sustancias y, en consecuencia, debía contener un prodigiosa cantidad de aire y fuego fijos; de hecho, contenía más aire y fuego fijos que el azufre, el carbón, el aceite, etc. Ello explicaba que, cuando se encontraba mezclado con alguna de esas materias combustibles, el salitre no necesitara del auxilio instrumental del aire para quemarse: llevaba, dentro de sí, toda la reserva de aire requerida para su combustión. Podemos afirmar entonces que una de las cosas que sobresale en este tratamiento de las sustancias combustibles es la estrecha vinculación entre ellas y la materia proveniente de los seres vivos; lo combustible se identifica prácticamente con lo orgánico en una perspectiva en la que vegetales y animales son responsables de la formación de una gran cantidad de las sustancias con las que el químico trabaja. Desde la madera, el carbón, la turba, el betumen, la resina, el aceite, la grasa y el hollín hasta las materias calcáreas, pasando por sustancias como el azufre, la piritita, el salitre y numerosos ácidos, todos debían su origen a los restos de seres vivientes.

Les tourbes, les charbons fossiles, les succins, les bitumes liquides ou concrets sont des produits de leur mélange et de leur décomposition, dont les détriments ultérieurs forment les soufres et les parties combustibles [...] de tous les minéraux que l'on peut enflammer.¹³⁵

Se trata de una primacía, aunque no total sí muy importante, de lo vivo sobre lo muerto que no sólo parece recuperar la perspectiva de la filosofía química tradicional en la que lo bruto se piensa bajo el modelo de lo viviente, sino que además parece dejar en la oscuridad la cuestión del nacimiento mismo de la vida. Pero a fin de profundizar en este problema nos falta examinar todavía lo que Buffon tenía que decir acerca del azufre y del flogisto.

El azufre común, sostenía Buffon, no era realmente sino “la matière du feu rendue fixe par l'acide”.¹³⁶ Este último era, nuevamente, el ácido primitivo formado solamente por aire y fuego fijos; es decir, la sustancia que más afinidad tenía con el fuego. En virtud de tal afinidad el fuego podía apoderarse del ácido primitivo que se hallara en estado de pureza natural y sin exceso de agua, dando lugar al azufre, pero para que esa unión se produjera se había requerido un gran consumo de materias combustibles, de una gran fuerza calorífica. Y de ahí que el azufre se

¹³⁵ Buffon, “Des Éléments”, *op. cit.*, p. 511.

¹³⁶ Buffon, “Du Soufre”, *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome II, Imprimerie Royale, Paris, 1783, p. 108.

encontrara en mayor abundancia en la cima de los volcanes, es decir, el lugar en el que se reunían en mayor volumen y con más grande poder, el ácido y el fuego. De acuerdo con Buffon después de que las aguas se precipitaron por fin y de que se produjera el ácido primitivo, se habían formado las piritas. Estas eran masas ferruginosas y minerales que contenían un gran cantidad de ácido vitriólico, el cual a su vez había atraído hacia sí al elemento fuego y lo había atrapado. A continuación los elementos húmedos habían actuado sobre la materia terrosa y se habían unido también al ácido, como resultado de lo cual la fuerza de este había disminuido, su vinculación con el fuego se había debilitado y así el elemento ígneo había recobrado su libertad. Pero este fuego liberado llevaba ahora en su flama una porción del ácido al que había estado unido en la pirita, un ácido puro y separado de la tierra, que formaba con la sustancia de la flama una nueva materia compuesta solamente del fuego fijado por el ácido: el azufre. Es decir, que Buffon consideraba que el azufre se había formado en gran parte mediante una operación secundaria y accidental en la que habían actuado fuegos subterráneos, pero, añadía, la combustión de los carbones de tierra y del betumen —sustancias que como la pirita también contenían ácido— había dado lugar asimismo a una gran cantidad de azufre. En términos generales,

le feu libre, l'air & l'eau, peuvent également rendre la liberté au feu fixe contenu dans les pyrites, & comme au moment qu'il est libre le feu reprend sa volatilité, il emporte avec lui l'acide auquel il est uni, & forme du soufre par la seule condensation de cette vapeur.¹³⁷

En este punto Buffon hizo una pausa para tratar de aclarar las nociones de azufre y, simultáneamente, realizar una crítica a la teoría del flogisto. Según explicó, se había nombrado azufre a todo lo que podía quemarse; se trataba de un equívoco resultado del hecho de que en ninguna lengua existía una expresión que designara al fuego en estado fijo.

Le *soufre* des anciens Chimistes représentoit cette idée, le *phlogistique* la représente dans la Chimie récente.¹³⁸

El término “flogisto” había contribuido a la confusión de ideas en la medida en que solamente se habían dado al flogisto las propiedades del fuego fijo. Notemos de paso que con este tipo de afirmaciones Buffon pareciera reconocer, implícitamente, las similitudes entre su concepto de fuego fijo y el de flogisto; de hecho a continuación señaló que tanto la palabra antigua “azufre” como la nueva “flogisto” no habrían hecho daño si se hubieran limitado a expresar la idea de fuego

¹³⁷ *Ibidem*, p. 115.

¹³⁸ *Ibidem*, pp. 111-112.

fijo. Con todo, él prefería la expresión “fuego fijo” porque conducía a la idea, principal, de que existía un elemento fuego y lo representaba tal y como existía en los cuerpos combustibles. Además, ya que en la naturaleza los únicos seres reales y primitivos eran los elementos, que podían hallarse en estado fijo o libre, no valía la pena crear una nueva palabra para designar a alguno de ellos en estado fijo, pretendiendo con ello que se trataba de un ser nuevo. Los químicos antiguos, por su parte, comprendieron bajo la palabra azufre a la materia del fuego contenida en aceites, resinas, “espíritus ardientes”, todos los cuerpos animales y vegetales y la sustancia de los minerales; este uso, en contraste con la noción de flogisto, daba lugar a menos confusiones.

Le phlogistique & le feu fixe sont la même chose, dit très-bien M. de Morveau, & le soufre n'est composé que de feu & d'acide vitriolique. *Éléments de Chimie, tome II, page 21.*¹³⁹

Ahora bien, podía hacerse una distinción entre la idea de fuego fijo y la de flogisto: podría llamarse flogisto al fuego que, en primera instancia fijo en los cuerpos, había sido puesto en movimiento por el aire y se había separado; y nombrar fuego fijo, en cambio, a la materia propia del fuego fijo que permanecía en esos cuerpos y que, sin la ayuda del aire, no podía separarse de ellos. Pero,

Le feu fixe est toujours combiné avec l'air fixe, & tous deux sont les principes inflammables de toutes les substances combustibles, c'est en raison de la quantité de cet air & de feu fixe qu'elles sont plus ou moins inflammables; le soufre qui n'est composé que d'acide pur & de feu fixe, brûle en entier & ne laisse aucun résidu après son inflammation.¹⁴⁰

Ya que la combustión era en general la puesta en libertad, con el auxilio del aire, del fuego fijo contenido en los cuerpos, solamente cuando el fuego era “animado”, puesto en movimiento por el aire, devenía *flogisto*. Y esto conducía a otro tipo de crítica: el flogisto así concebido no podía ser, como aseguraban sus teóricos, una sustancia simple, idéntica y siempre igual en todos los cuerpos; al contrario, la materia del fuego se hallaba siempre unida en él a la del aire, sin cuyo concurso el fuego fijo no podría separarse ni inflamarse.

On sait que l'air fixe prend souvent la place du feu fixe en s'emparant des matières que celui-ci quitte; que l'air est même le seul intermède par lequel on puisse dégager le feu fixe, qui alors devient le phlogistique [...], & en fin le soufre, quoique contenant le feu fixe en plus grande quantité que toutes les autres substances combustibles, ne peut s'enflammer comme elles, & continuer à brûler que par le concours de l'air.¹⁴¹

Aunque en las explicaciones de la química se atribuyeran todos los efectos al flogisto, es decir únicamente al fuego fijo, en realidad este elemento no se hallaba nunca solo y frecuentemente el

¹³⁹ *Ibidem*, p. 114.

¹⁴⁰ *Ibidem*.

¹⁴¹ *Ibidem*, p. 122.

aire fijo era la causa inmediata o mediata del efecto. Afortunadamente, señaló Buffon, recientemente “físicos hábiles” habían seguido las indicaciones de Hales al tomar en cuenta el aire fijo para dar cuenta de muchos fenómenos y, de tal modo, habían logrado demostrar que el aire se fijaba al unirse a todos los ácidos y que, por tanto, contribuía de forma casi tan esencial como el fuego no solamente a toda combustión, sino también a toda calcinación. Por razones de este tipo no debía suponerse, a la manera de Stahl y de otros químicos, que el azufre estuviera compuesto únicamente de flogisto y de ácido; o no a menos que se acordara en que el flogisto estaba formado por fuego y aire fijos y que no era siempre igual a sí mismo, en cuanto el aire y el fuego se combinaban en él en diferentes proporciones y en estado de fijeza más o menos constante. En resumen, el flogisto podría considerarse con justicia un mero “ser de la razón” si no se le pudiera concebir como un compuesto de aire y fuego fijos inherente a ciertos cuerpos:

Le fameux phlogistique des chimistes (être de leur méthode plutôt que de la nature) n'est pas un principe simple et identique, comme ils nous le présentent; c'est un composé [...], un résultat de la combinaison des deux éléments, de l'air et du feu fixés dans les corps.¹⁴²

Sin embargo, que Buffon no sólo intentaba dar cuenta a su manera reduccionista de la noción de flogisto y que, en este sentido, incorporaba nociones provenientes de esta doctrina a su propia teoría, sino que además su pensamiento tenía profundas raíces en la filosofía química más tradicional se muestra en una nota a pie de página, en una afirmación que, hecha al margen, resulta esencial para entender su concepción de la vida y del origen de esta.

Le soufre des Philosophes hermétiques étoit un tout autre être que le soufre commun: ils le regardoient comme le principe de la lumière, comme celui du développement des germes & de la nutrition des corps organisés [...]; & sous ces rapports, il paroît qu'ils considéroient particulièrement dans le soufre, son feu fixe, indépendamment de l'acide dans lequel il se trouve engagé: dans ce point de vue ce n'est plus du soufre qu'il s'agit, mais du feu même, en tant que fixé dans les différens corps de la Nature, il en fait l'activité, le développement & la vie; & en ce sens, le soufre des Alchimistes peut en effet être regardé comme le principe des phénomènes de la chaleur, de la lumière, du développement & de la nutrition des corps organisés.¹⁴³

Como se desprende de este texto, el fuego, particularmente el fuego fijo, y aquél al que los filósofos herméticos llamaban azufre, era lo esencial en el fenómeno de la vida para Buffon. Idea que concuerda bastante bien con lo que había expresado unos años antes en “Des Élémens”; y es que en este trabajo había explicado que consideraba como materia viva a los seres animales y vegetales

¹⁴² Buffon, “Des Élémens”, *op. cit.*, p. 510.

¹⁴³ Buffon, “Du Soufre”, *op. cit.*, p. 112.

y a todas las moléculas orgánicas dispersas en los residuos de los cuerpos organizados, pero también a la materia misma de la luz, el calor y el fuego. En pocas palabras, señaló, materia viva era toda materia aparentemente activa por sí misma. En este contexto, la distinción entre materia bruta y materia viva se presentaba en términos de su movimiento; mientras que la primera, subyugada por la fuerza de atracción, tendía siempre de la circunferencia al centro, la materia viva, animada por la fuerza expansiva, tendía del centro a la circunferencia. En la medida en que la fuerza expansiva es la fuerza propia del calor, el movimiento que caracteriza al fuego, la cuestión en torno al origen de la vida parece aquí replantearse y desdibujarse a la vez; y es que desde esta perspectiva la vida habría existido desde el momento en que la materia activa comenzó a existir y su comienzo, lejos de ser abrupto, sería continuo con el de la actividad ígnea. Sin embargo, la cuestión se replantea si consideramos sencillamente que lo que se hallaba en el origen de la vida era, para Buffon, la actividad del fuego y que el fuego fijo constituía a lo vivo.

Ahora bien, en “Seconde Vue” (1765) Buffon había mencionado que la materia viviente no podía nunca permanecer ociosa, que se hallaba en una actividad constante en virtud de la cual “il suffit qu’elle s’unisse avec des parties brutes pour former corps organisés.”¹⁴⁴ Y si en “De la Figuration des Minéraux” (1783) explicó que el germen de un animal o de un vegetal estaba formado “par la réunion des molécules organiques avec une petite portion de matière ductile”,¹⁴⁵ —lo cual implica la preexistencia de las moléculas orgánicas— también sostuvo:

La force pénétrante de l’attraction jointe à celle de la chaleur produisent les molécules organiques, & donnent le mouvement à la matière brute en la déterminant à telle ou telle forme, tant à l’extérieur qu’à l’intérieur lorsqu’elle est travaillée dans les trois dimensions, & c’est de cette manière que se sont formés les germes des végétaux & des animaux.¹⁴⁶

Así pues, se nos presentan dos cuestiones; la primera de ellas tiene que ver con la forma en que la fuerza de atracción y el calor se combinan para producir las moléculas orgánicas, esto es, la materia viviente por la cual están constituidos los seres organizados, y la segunda con las “parties brutes” que se requieren además para la formación de estos seres. Algo que sí parece estar claro en estas reflexiones de Buffon es el hecho de que el nacimiento de las moléculas orgánicas y el de los seres

¹⁴⁴ Buffon, “Seconde Vue” (1765), en *Œuvres Philosophiques de Buffon*, *op. cit.*, p. 38.

¹⁴⁵ Buffon, “De la Figuration des Minéraux”, *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome I, Imprimerie Royal, Paris, 1783, p. 6.

¹⁴⁶ *Ibidem*, p. 9.

organizados no fue simultáneo. En su artículo sobre las tierras que él llamaba “vegetales” (formadas tanto por residuos orgánicos como por residuos de la materia bruta), por ejemplo, dijo:

Nous avons dit qu'il n'y rien de combustible dans la Nature, que ce qui provient des êtres organisés; nous pouvons avancer de même qu'il n'y rien de régulièrement figuré dans la matière, que ce qui a été travaillé par les molécules organiques contenues dans la terre végétale, soit avant, soit après la naissance de ces mêmes êtres organisés.¹⁴⁷

Esto implica que la tierra vegetal, en algún momento, contuvo moléculas orgánicas que todavía no eran parte de seres organizados y, en consecuencia, que las primeras son anteriores a estos. Buffon continuaba explicando en ese texto que la producción de todos los vegetales y el mantenimiento de los animales se realizaban gracias a la gran cantidad de moléculas orgánicas contenidas en la tierra vegetal; que tanto el desarrollo como el crecimiento de los seres vivos ocurrían en virtud de la “suscepción” de estas moléculas, las cuales eran capaces de penetrar con facilidad toda sustancia dúctil. La ductilidad era, para Buffon, muy importante; del análisis que en seguida presentaba acerca de las diferencias entre la tierra calcárea y la vegetal, se desprende que gracias a esa característica la materia bruta en cuestión podía entrar en la composición de los seres organizados. Pero, en cualquier caso, la tierra no era el ingrediente que contribuía principalmente al crecimiento de los vegetales:

Et comme [...] des expériences bien faites nous ont démontré que dans un arbre, quelque solide qu'il soit, la quantité de terre qu'il a consommée pour son accroissement, ne fait qu'une très-petite portion de son poids & de son volume, il est nécessaire que la majeure & très-majeure partie de sa masse entière ait été formée par les trois autres élémens, l'air, l'eau & le feu: les particules de la lumière & de la chaleur se sont fixées avec les parties aériennes & aqueuses pendant tout le temps du développement de tous les parties du végétal.¹⁴⁸

Unos años más tarde Buffon precisó la importancia que daba al fuego fijo en la constitución de los seres vivos. Al ocuparse nuevamente de la tierra vegetal, subrayó que este tipo de tierra era menos simple que las materias vítreas, las calcáreas y las metálicas; “confieso”, dijo, que la tierra vegetal es el receptáculo general del polvo del aire, los escurrimientos del agua, de todos los residuos de los metales; sin embargo, la materia de la que principalmente estaba constituida no era ni metálica, ni vítrea ni calcárea:

il est plutôt igné; c'est le résidu, ce sont les détrimens des animaux & des végétaux dont sa substance est spécialement composée; elle contient donc plus de feu fixe qu'aucune autre matière; les bitumes, les huiles, les graisses, toutes les parties des animaux & des végétaux qui

¹⁴⁷ Buffon, “De la Terre Végétale”, *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome I, Imprimerie Royal, Paris, 1783, p. 418. Subrayado mío.

¹⁴⁸ *Ibidem*, p. 424.

se sont converties en tourbe, en charbon, en limon, sont combustibles, parce qu'elles proviennent des corps organisés.¹⁴⁹

La tierra vegetal estaba formada por materia orgánica y esto quería decir, ante todo, materia ígnea. Y Buffon vinculaba lo orgánico y lo ígneo no solamente porque esta materia fuera activa “por sí misma”, sino también debido a la forma en que la fuerza expansiva asociada a ella actuaba. En 1776, en “Nomenclature des Singes”, había presentado una de esas descripciones a grandes rasgos de la naturaleza de las que tanto gustaba; en ella decía que la naturaleza

ne fait un pas un seul pas qui ne soit en tout sens; en marchant en avant, elle s'étend à côté & s'élève au-dessus; elle parcourt & remplit à la fois les trois dimensions; & tandis que l'homme n'atteint qu'un point, elle arrive au solide, en embrasse le volume & pénètre la masse dans toutes leurs parties.¹⁵⁰

Gracias a esta actividad penetrante, la naturaleza producía formas mediante actos casi instantáneos y desarrollaba tales formas extendiéndolas en las tres dimensiones. Y es que sus fuerzas penetrantes actuaban al interior de los cuerpos, alcanzando incluso el átomo más pequeño, y al actuar en todos los sentidos, afectaban la masa de los cuerpos en todas sus partes. Tal penetración requería de su principal instrumento, la fuerza de gravedad que, en tanto fuerza atractiva, permitía la “suscepción” de las moléculas orgánicas, esto es, el desarrollo y crecimiento de los seres vivos. Pero para la formación y el desarrollo de estos mismos seres era necesaria también otra fuerza, la fuerza del calor, pues aunque la fuerza de gravedad podía penetrar la materia en sus tres dimensiones sólo con la ayuda del calor esas partes podían extenderse y desarrollarse. Una fuerza penetrante y atractiva, la otra penetrante y expansiva, unidas, concurrían a la formación de la materia orgánica, caracterizada aquí por su capacidad de crecer y desarrollarse en tres dimensiones simultáneamente y por su capacidad de originar moldes internos que perpetuarían la especie. El movimiento que afectaba a los cuerpos brutos, nombrado por Buffon en 1774 “fuerza de impulsión”, penetraba en los cuerpos organizados por medio del calor de manera tal que, gracias al calor, estos cuerpos se formaban, crecían y se desarrollaban. Esta perspectiva le permitía sostener que así como se podía dar cuenta de todos los efectos de la materia bruta mediante la atracción, podían explicarse todos los fenómenos de la materia viva por medio de la atracción unida al calor.

¹⁴⁹ Buffon, “Pierres Précieuses”, *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome IV, Imprimerie Royal, Paris, 1786, pp. 260-261.

¹⁵⁰ Buffon, “Nomenclature des Singes” (1766), en *Œuvres Philosophiques*, *op. cit.*, p. 387.

Pero, como dijimos antes, había otro ingrediente y este era la materia sobre la que finalmente actuaban esas dos fuerzas. En 1783 Buffon afirmó a este respecto:

Par la combinaison de ces deux forces actives, la matière ductile, pénétrée & travaillé dans tous ses points, & par conséquent dans les trois dimensions à la fois, prend la forme d'un germe organisé, qui bientôt deviendra vivant ou végétant par la continuité de son développement.¹⁵¹

La ductilidad era pues esencial; si la fuerza atractiva y la expansiva se ejercían sobre materias secas y duras, en lugar de sobre sustancias blandas y dúctiles, sólo conseguían actuar sobre la superficie de manera tal que la materia adquiriría solamente la forma de un mineral figurado. Y en el marco de la historia de la Tierra narrada en 1778 en “Époques de la Nature” la precipitación, junto con el agua, de las materias dúctiles en cuestión parece otorgar después de todo un comienzo definido a las moléculas orgánicas. De hecho Buffon afirmó en este texto que esas moléculas habían comenzado a existir cuando los elementos de un calor dulce pudieron por fin incorporarse con las sustancias que componen los cuerpos organizados, caracterizadas aquí como “aqueuses, huileuses & ductiles”.¹⁵² La razón por la cual las materias brutas a partir de las cuales se habían originado las moléculas vivientes además de dúctiles debían ser aceitosas no es aclarada nunca por Buffon; sin embargo, su reiterada insistencia en que las sustancias inflamables estaban constituidas en última instancia por fuego fijo aunada a su reconocimiento explícito de la naturaleza altamente combustible de las materias aceitosas, nos indican una posible respuesta. Las sustancias aceitosas eran muy combustibles, luego contenían fuego fijo que atraía al fuego en estado libre; calor fijo con afinidades con un calor libre que permitía el crecimiento y el desarrollo. Las materias aceitosas, había dicho en “Des Élémens”, eran materias susceptibles de adquirir movimiento expansivo. Y probablemente estaban presentes, en esta caracterización de las sustancias brutas necesarias para la vida como materias aceitosas, las asociaciones que reiteradamente había hecho la filosofía química entre lo azufroso y lo aceitoso; y es que, como Buffon mismo escribió, el azufre de los antiguos era la materia del fuego contenida, entre otras cosas, en los aceites, fuego incorporado; y —aunque esta vinculación no se hiciera explícita— el flogisto de Stahl, fuego fijo para Buffon, había sido *terra pinguis*, tierra grasosa. Desde esta perspectiva, el componente aceitoso de las moléculas orgánicas parecería entonces como una suerte de vida concentrada, una animación encapsulada, un fuego

¹⁵¹ Buffon, “De la Figuration des Minéraux”, *Histoire Naturelle des Minéraux*, Tome I, Imprimerie Royal, Paris, 1783, p. 5.

¹⁵² Buffon, “Époques de la Nature” (1774), en *Œuvres Philosophiques*, op. cit., p. 175.

corporeizado. Y el fuego tendría, con respecto al surgimiento de la vida a partir de la materia bruta, un doble papel: el de otorgarle el movimiento expansivo que la caracteriza y el de constituirla, como elemento, en el momento de su formación misma. Resulta plausible, al menos, encontrar en esta concepción un eco de las palabras de Paracelso:

Hay que saber que el hombre posee dos clases de vida: la vida «animal» y la «sideral» ... Así también el hombre tiene un cuerpo «animal» y otro «sideral»; y ambos forman una unidad y no están separados. Ello ocurre de este modo: el «cuerpo animal», el cuerpo de carne y sangre, está siempre muerto por sí mismo. Sólo el «cuerpo sideral» hace que a ese cuerpo llegue el movimiento de la vida. El «cuerpo sideral» es fuego y aire.¹⁵³

La asociación entre fuego y vida era, en todo caso, una asociación consagrada en la filosofía química tradicional.

4.6 Conclusión

Toutes les parties aqueuses, huileuses & ductiles qui devoient entrer dans la composition des êtres organisés, sont tombées avec les eaux [...] Les molécules organiques ne sont produites que par la chaleur sur les matières ductiles.¹⁵⁴

De acuerdo con esta afirmación de *Époques de la Nature* (1778) las moléculas orgánicas que constituyen a los seres vivos tuvieron un comienzo definido y ese comienzo se produjo cuando se precipitaron, sobre un globo terráqueo todavía muy caliente, ciertas sustancias aceitosas y dúctiles. A partir de estas materias y del calor se originó la vida. Ahora bien, ¿por qué *aceitosas*? En una frase, la respuesta a esta pregunta nos la proporcionan las reflexiones de Buffon en torno al calor. Según este autor, el calor, indistinguible en lo esencial de la luz y el fuego, podía existir en estado libre o en estado fijo. Una sustancia verdaderamente combustible era, justamente, la que contenía gran cantidad de aire y fuego fijos. La idea de que todo cuerpo combustible contenía en sí la sustancia misma de la luz no era, de ningún modo, una idea nueva, como tampoco lo eran la asociación o identificación del principio de inflamabilidad con el azufre y con el flogisto. La expresión “fuego fijo” de Buffon —y de la química francesa de mediados del siglo XVIII— constituye, en realidad, una manera de entender al flogisto. Y es que el fuego fijo, al igual que el flogisto, se desprende durante la combustión y forma parte de toda sustancia combustible. Lo que

¹⁵³ Paracelso, *Textos esenciales*, op. cit., p. 71.

¹⁵⁴ Buffon, *Œuvres Philosophiques de Buffon*, Jean Piveteau (ed.), Presses Universitaires de France, Paris, 1954, p. 175.

Buffon añade en este caso es una explicación en términos de fuerzas atractivas y repulsivas, esto es, en términos de mecanismos subyacentes newtonianos.

De hecho, Buffon reconoce que la noción antigua de azufre y la noción reciente de flogisto designan ambas la idea de fuego fijo. Este reconocimiento es importante porque, al señalar él mismo que ya los herméticos veían en el azufre-principio no solo el principio de la luz sino el del desarrollo de los gérmenes, e identificar el azufre-principio con el fuego fijo, admite la relación, si bien de manera implícita, entre el azufre-principio, el fuego fijo y la vida. Además, a la manera de los estoicos y más recientemente de Homberg, Buffon consideraba al fuego como materia activa por sí misma. El problema es que, desde este enfoque pareciera que para él la materia viva ha existido desde siempre junto con el fuego y que, por tanto, no se le puede asignar un comienzo definido.

Sin embargo, por otro lado Buffon ha afirmado, primero, que la atracción y el calor se unen para producir las moléculas orgánicas y segundo, que ciertas materias dúctiles y aceitosas son necesarias para la formación de tales moléculas. De hecho, ese tipo de materias se precipitaron en un momento determinado de la historia de la Tierra y, en este sentido, las moléculas orgánicas sí poseen un comienzo definido. Para tal comienzo, eran necesarias materias dúctiles porque sólo sobre este tipo de sustancias puede actuar el calor como fuerza expansiva, permitiendo el crecimiento y el desarrollo desde el interior. Ahora bien: las sustancias aceitosas son en primer lugar —en contraposición a las materias secas— dúctiles y, en segundo lugar, muy combustibles. Esto último implica que su composición incluye fuego fijo en gran proporción. El fuego fijo contenido en las sustancias aceitosas atrae al fuego libre que, como dije, permite el crecimiento y desarrollo. Y así, en un momento determinado de la historia de la Tierra, surgieron las moléculas orgánicas a partir de materia no viva.

En la vinculación del fuego con la vida establecida de este modo por Buffon resuenan ecos de la asociación hecha por la filosofía química entre el azufre-principio y el aceite —consagrada en el sistema de cinco principios—, de la identificación del azufre principio con el fuego fijo —realizada por la química francesa de principios del siglo XVIII— y del nexo entre el flogisto y la *terra pinguis* o grasosa. Si unimos lo que Buffon hace explícito con lo que deja implícito —esto es, su fuerte deuda con la visión francesa de la teoría del flogisto— podemos comprender, finalmente, que el componente aceitoso de las moléculas orgánicas es una suerte de vida concentrada. En esta

concepción el fuego juega un doble papel, el de darle movimiento expansivo a la materia bruta a partir de la cual surge la vida y el de ser un constituyente de esa misma materia.

Las vinculaciones del aire, el fuego o el azufre con la vida son numerosas a lo largo de la historia de la química. Se trata de tres historias que se entremezclaron muy tempranamente en la medida en que, por un lado, los estoicos habían relacionado la vida con el fuego y el aire —a los que conceptuaban como formas de *pneuma* o materia activa por sí misma— y, por otro, las alquimias árabe y china habían asociado el azufre con la inflamabilidad y por esta vía con el fuego y el calor.

La conexión del aire con la vida se presentó en Paracelso, quien señaló la semejanza entre la vida y la combustión sobre la base de que el aire era esencial en ambos procesos. Sus seguidores fueron más allá y postularon la existencia de un espíritu aéreo vital: un bálsamo, existente en el aire, que protegía al cuerpo vivo de la descomposición. Esta perspectiva paracelsiana interesada por el espíritu aéreo vital no quedó en el olvido; posteriormente interpretada en términos corpusculares, volvió a relacionarse con la combustión y la vida con autores como Hooke y John Mayow.

Paralelamente, a partir de van Helmont por lo menos, comenzó a cuestionarse la participación del aire en reacciones químicas; el aire fue considerado entonces como mero instrumento de las mezclas, incapaz de combinarse con otros cuerpos. Quienes veían en él una causa necesaria para la formación de la flama, pensaron que esta acción se debía más a las partículas extrañas contenidas en el aire que al aire mismo. Entre los autores que consideraban así al aire encontramos a Boyle, Stahl y Boerhaave. Pero con Newton el carácter del aire se reconsideró: si bien para él este elemento constituía la parte mayor e inactiva de la atmósfera, también podía convertirse en cuerpos sólidos y estos a su vez, mediante fermentaciones en las que entraban en juego fuerzas repulsivas, en aire. Esta idea influyó fuertemente en Hales y trajo consigo el que el aire volviera a recuperar su función como constituyente de los cuerpos. Para este autor el aire, habiendo perdido su elasticidad, se hallaba fijo en sustancias animales, vegetales y minerales. De hecho, en su estado fijo el aire formaba la materia, dúctil y nutritiva, a partir de la cual crecían las partes vegetales. Con este tipo de ideas no sólo aire y vida quedaron relacionados otra vez; al paso del tiempo, los experimentos y las teorías de Hales abrirían la puerta a la concepción del fuego fijo sostenida explícitamente por Buffon.

La vida se asoció también indirectamente con el azufre-principio vía el calor corporal. Vale la pena notar que entre los paracelsianos el azufre se concibió a veces como una sustancia aceitosa, imbuida de la capacidad de ablandar; esta idea persistiría en la concepción buffoniana de materias dúctiles y aceitosas requisito para la formación de las moléculas orgánicas. La teoría de la pólvora, por su parte, proporcionó en el siglo XVII otra conexión entre la vida y el azufre. Desde este enfoque el calor vital era resultado de una reacción química entre corpúsculos de nitro, contenido en el aire, y partículas sulfurosas en la sangre, punto de vista al que posteriormente se adheriría John Mayow. También en Newton la reacción entre el nitro y el azufre encuentra un lugar; se trata de una fermentación que origina sustancias aéreas esenciales para la respiración. Durante el siglo XVII algunos autores siguieron pensando en el azufre como un bálsamo oleaginoso y viscoso, sustancia capaz de conservar el calor natural de los organismos; pero luego el azufre-principio de la teoría paracelsiana fue recogido y renombrado por Stahl como flogisto. El flogisto podía hallarse disperso en el aire y bajo esta forma contribuía al sostenimiento de la vida vegetal y animal; poseía también cualidades grasosas y de maleabilidad —esto es, cualidades que nos permiten vincularlo con las sustancias aceitosas que Buffon postularía como necesarias para el surgimiento de la materia viva. Pero con Hales, así como cambió el papel del aire, cambió el papel del azufre. Se trata en la obra de este autor más bien de partículas sulfurosas —emitidas por cualquier cuerpo que produjera flamas o bien presentes en sustancias como la sangre— que, poseedoras de una gran fuerza atractiva, eran capaces de vencer la fuerza repulsiva que el aire tenía cuando se hallaba en estado libre y convertirlo en aire fijo.

En no menor medida que el aire y el azufre el fuego se vinculó de diversas maneras con la vida. Paracelso afirmó que el aire y el fuego le daban vida al cuerpo animal del hombre; algunos de sus seguidores, que el fuego contenía vida en sí mismo. El salitre llegó a verse como fuego benéfico. Y luego, durante un tiempo y al igual que en el caso del aire, se cuestionó que el fuego fuera un elemento: van Helmont negó que lo fuera y Descartes lo concibió como una mera consecuencia de la agitación de partículas. Boerhaave por su parte tampoco creía que el fuego pudiera unirse químicamente a otros cuerpos. En contraste, autores como Lémery, Boyle y Homberg sostuvieron que el fuego sí era un elemento, que estaba constituido por partículas y que podía combinarse con otras sustancias. Homberg añadió la identificación de la materia del fuego o de la luz, activa por sí misma, con el azufre-principio. Para Newton la luz podía transformarse en cuerpo y viceversa; de hecho, la luz podía reaccionar con cuerpos como los sulfurosos por

ejemplo. Con el tiempo, llegó a pensarse que la inflamabilidad de un cuerpo de debía a que la luz formaba parte de él; los puntos de vista newtonianos y los stahlianos en torno a este tema se unieron en la química francesa de mediados del siglo XVIII.

Si el aire podía existir tanto en estado libre como en estado fijo, y había para ello una explicación en términos de mecanismos subyacentes newtonianos como Hales había mostrado, que la materia del fuego —el azufre-principio de Homberg, la materia de la luz newtoniana, el flogisto de Stahl— podía hallarse fija también en los cuerpos era indudable para Buffon. De hecho, que la tierra, el agua, el aire y el fuego podían ser tanto instrumentos en las reacciones como constituyentes capaces de reaccionar químicamente era un punto de vista que sostenía ya la teoría del flogisto tal y como se entendía en Francia a mediados del siglo XVIII. Buffon le superpuso a esta perspectiva explicaciones en términos newtonianos; la idea de que en la fijeza o volatilidad de una sustancia entraban en juego fuerzas atractivas y repulsivas y de que en las reacciones químicas actuaban fuerzas de afinidad que a su vez podrían reducirse a la ley del cuadrado inverso. La concepción que este autor tenía de la historia natural lo llevó sin embargo más lejos; esto es, a plantear —en el marco de una historia de la Tierra que se desenvuelve regida por la disminución del calor— que la vida, en virtud únicamente de fuerzas naturales, había comenzado a existir en un momento definido. Ese momento se produjo cuando sobre un globo terráqueo todavía muy caliente ciertas sustancias, volatilizadas hasta entonces en la atmósfera, pudieron precipitarse. Tales sustancias eran acuosas, aceitosas y dúctiles y el calor actuó sobre ellas para producir las moléculas orgánicas. Y eran aceitosas porque eran fuego fijo, azufre-principio, una sustancia muy dúctil, capaz de atraer con gran fuerza al calor en estado libre y tener un crecimiento desde el interior en tres dimensiones a la vez. En sus vacilantes frases acerca del comienzo de la vida sobre nuestro planeta, Buffon recogió así la antigua tradición que vinculaba estrechamente al fuego y a la vida.

Consideración final

No se puede entender el lugar que ocupa la química en el pensamiento de Buffon sin entender, ante todo, el carácter de la empresa que se propuso realizar en su *Histoire Naturelle*; tal carácter, descrito a veces en términos de “ambiciones cartesianas”, es un afán explicativo totalizador, reduccionista, asociado íntimamente a una concepción de la naturaleza como agencia autónoma y creativa.

Disciple de Newton, mais compatriote de Descartes, Buffon espère sans doute voir s'établir une nouvelle sorte d'explication universelle, fondée sur une énorme synthèse de tous les faits connus.¹

Este objetivo buffoniano, visible a lo largo de toda su obra, destaca particularmente en sus *Époques de la Nature*, texto en el cual —según Kenneth Taylor²— la meta principal es replantear la historia natural al interior de un marco globalizante que comprendiera tanto a minerales, vegetales y animales como al género humano mismo. Scott Atran,³ por su parte, afirma que lo que Buffon pretendía ofrecer era un marco explicativo destinado a dar cuenta de todo ser sujeto a reglas del universo y gracias al que la historia natural, además de enriquecer a la filosofía natural, se fusionaría con ella. Y el mismo Buffon, en el discurso de 1749 acerca del método de la historia natural, había subrayado la necesidad de una mirada general (*les grandes vues d'un génie ardent*) que lo abarcara todo. Como hemos visto, estas *grandes vues* se insertan en el doble contexto proporcionado por la renovación de la historia natural y por el newtonismo. Detrás de las ambiciones explicativas de Buffon se encuentra una concepción de la naturaleza que, en forma muy interesante, combina lo nuevo y lo antiguo; concepciones newtonianas e ideas renacentistas.

Son ideas newtonianas las que Buffon intenta aplicar a la naturaleza viviente; su adhesión a ellas, mostrada siempre pero revelada particularmente en la polémica con Clairaut, ha hecho decir a algunos autores, Hanks entre ellos, que les confería el valor de un dogma. No obstante, este pretendido dogmatismo newtoniano aparece desde nuestro punto de vista relacionado, más que con la astronomía y la física como tales, con una concepción amplia proveniente tal vez de la filosofía química, a la que las ideas buffonianas se hermanan en virtud de la búsqueda de fundamentos constitutivos de lo natural a partir de los cuales fuera posible presentar una visión

¹ Hanks Lesley, *Buffon avant l'«Histoire Naturelle»*, PUF, Paris, 1966, p. 100.

² Taylor Kenneth, “The «Époques de la Nature» and Geology during Buffon's later years”, en Jean Gayon (ed.), *Buffon 88*, VRIN, Paris, 1992, p. 373.

³ Scott Atran, “The common sense basis of Buffon's «méthode naturelle»”, en *Buffon 88*, *op. cit.*, p. 223.

unificadora, totalizadora, de la naturaleza viva. Y es que Buffon, siguiendo el ejemplo de Hales, buscaba las causas de los fenómenos en las fuerzas newtonianas de atracción y de repulsión y veía en ellas la posibilidad de explicar incluso el surgimiento de la vida. Sloan destaca cómo la historia natural causal había comenzado, en su forma moderna, con los escritos de los filósofos herméticos del Renacimiento, que intentaron formular una filosofía cristiana basada en premisas químicas y cómo este movimiento influyó sobre Descartes.⁴ Esta nueva historia natural que buscaba una comprensión causal, tenía tras de sí una concepción de la naturaleza como una agencia sustantiva, creativa, concepción gracias a la cual se pudo establecer un marco explicativo en el que los seres vivos se integraban a una teoría naturalista de la Tierra, debido a que desde ese enfoque era posible que los organismos surgieran en virtud de los poderes creativos de la naturaleza misma, y no meramente debido a las simples leyes mecánicas del movimiento. Buffon integra a este nuevo estatus de la naturaleza como agencia dinámica y creativa el concepto newtoniano de fuerzas. De tal modo, donde Paracelso había dicho

Ninguna estrella puede descansar; ninguna estrella se detiene, todas son en diario ejercicio para despertar a la Naturaleza e impulsarla en su acción cotidiana. E igual que las estrellas carecen de descanso, así son también las cosas de la Naturaleza: trabajan sin interrupción.⁵

Buffon sostiene

La Nature est elle-même un ouvrage perpétuellement vivant, un ouvrier sans cesse actif, qui sait tout employer, qui travaillant d'après soi-même, toujours sur le même fonds, bien loin de l'épuiser le rend inépuisable: le temps, l'espace & la matière sont ses moyens, l'Univers son objet, le mouvement & la vie son but.⁶

No se trata aquí solamente de la semejanza entre una naturaleza paracelsiana en la que las cosas trabajan sin interrupción y la naturaleza buffoniana, obrera incesantemente activa. Hay también aquí un newtonismo por parte de Buffon que va más allá de los textos publicados para entonces.⁷ En 1675 Newton había leído ante la Royal Society "An Hypothesis explaining the properties of light" en donde señalaba:

⁴ Sloan Phillip, "Natural History, 1670-1802", en Cantor, Christie, Hodge (eds.), **Companion to the History of Modern Science**, Croone, London, 1989, pp. 298-299.

⁵ Paracelso, **Textos Esenciales**, Jolande Jacobi (ed.), Ediciones Siruela, Madrid, p. 148.

⁶ Buffon, "Première Vue" (1764), **Œuvres Philosophiques de Buffon**, *op. cit.*, p. 31.

⁷ Casini Paolo, "Buffon et Newton", en **Buffon 88**, *op. cit.*, p. 306.

Nature is a perpetual worker, generating fluids out of solids, and solid out of fluids, fixed things out of volatile, and volatile out of fixed.⁸

Esta metáfora —que aparece en un texto publicado por Thomas Birch en 1757, es decir, siete años después que la “Première Vue”— se inspiraba en la tradición de alquimia cuyos escritos Newton estudiaba secretamente. Desconocemos si Buffon tuvo acceso a estas palabras en una fecha previa a su publicación, pero lo que sí parece cierto es que su interés por la química no fue tardío. Al contrario, ya desde 1735 en la traducción de *Vegetable Staticks* revela sus conocimientos de este tema al añadir, en notas de pie de página, precisiones y explicaciones acerca de cuestiones de mineralogía y de química al texto de Hales⁹ y también al nombrar, como parte de esa traducción, en el prefacio, a Stahl y Boerhaave entre los autores que seguían el método correcto.¹⁰

Me parece que la química, la química tradicional y la permeada por conceptos newtonianos, estuvo siempre presente en el pensamiento de Buffon, en el contexto de una historia natural causal que, por un lado, no sólo era prácticamente indistinguible de la filosofía natural en cuanto a afanes explicativos, sino que también, por otro, se hallaba impregnada de conceptos y ambiciones enraizados en la filosofía química. La fe newtoniana de Buffon lo conduce a un intento de poner al día, por decirlo así, conceptos de la perspectiva paracelsiana como el de afinidades —relaciones entre sustancias que reduce a la ley del cuadrado inverso—, como el de azufre principio —que explica en términos de fuego fijo— y hasta el de salitre —que según él contenía una cantidad prodigiosa de aire y fuego fijos. Asimismo, el uso de la teoría de las fuerzas atractivas y repulsivas le permite plantear la visión renacentista de la naturaleza en nuevos términos; otorgarle una autonomía, una actividad propia, que el éxito de la teoría de la gravedad parecía garantizarle. Las grandes ambiciones explicativas de Buffon, basadas en su visión de la naturaleza como un todo, corren paralelas finalmente a su fe newtoniana y reduccionista.

El pensamiento químico de Buffon, con sus objetivos totalizadores, genéticos y explicativo-causales, se sitúa al interior de tradiciones bien establecidas en química, historia natural y filosofía natural. En su propuesta de un programa de cuantificación de las afinidades así como en su visión

⁸ Newton, “Newton’s second paper on color and light, read at the Royal Society in 1675”, en *Isaac Newton’s Papers & Letters on Natural Philosophy*, Cohen I. Bernard (ed.), Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1958, p. 181.

⁹ Hanks, *op. cit.*, p. 80.

¹⁰ Buffon, “Préface du traducteur a La Statique des Végétaux et l’Analyse de l’Air” (1735), en *Œuvres Philosophiques*, Presses Universitaires de France, Paris, 1954, p. 6.

de los elementos la postura de Buffon se hallaba acorde con el trabajo que la química realizaba en su tiempo. Destaca en sus textos la intención de explicar siempre, en términos newtonianos, diversos desarrollos que en ese campo habían tenido lugar. Y esto es particularmente visible en su concepción del fuego que es la que, finalmente, nos puede conducir a comprender el breve señalamiento que Buffon hizo con respecto al carácter aceitoso de los constituyentes inorgánicos de las moléculas orgánicas.

Ciertamente las ambiciones explicativas de Buffon —como puede verse en sus señalamientos en torno al origen de la vida— son muy amplias, pero tras ellas se encuentra su interesante concepción de la naturaleza y del fuego. Así como la visión buffoniana de la naturaleza retoma posturas surgidas en el Renacimiento, sus ideas acerca del fuego involucran desde nociones que provenían del estoicismo (recordemos que Buffon distinguía los elementos entre sí no sólo en función de la forma de sus partículas sino también de la intensidad de su actividad) hasta conceptos de Newton, elementos de la teoría del flogisto —muy actuales en su época— y elementos de un naturalismo radical.

Parte del naturalismo de Buffon se halla justamente organizado alrededor de la idea, de origen estoico, del fuego como materia activa por sí misma. Si bien el fuego-elemento no se hallaba presente en el sistema de cinco principios de la química francesa del siglo XVII, sí encontramos en ese sistema al azufre-principio, aceitoso y asociado a la inflamabilidad. A comienzos del siglo XVIII Homberg identificaría el azufre-principio con la materia de la luz, a la que caracterizaría como materia activa. Esta identificación permitió posteriormente que la teoría del flogisto adquiriera una forma peculiar francesa: el flogisto, tierra grasa, se consideró la materia del fuego contenida en los cuerpos inflamables. La idea de fuerzas atractivas y repulsivas vino a sumarse a esta forma de la teoría del flogisto para dar lugar a la concepción según la cual el fuego se fija en las sustancias en virtud de fuerzas atractivas y —de este modo— las simpatías renacentistas se reconceptuaron. El juego de fuerzas atractivas y repulsivas, aunado a la noción de que la luz-fuego-calor era materia activa por sí misma, le permitió finalmente a Buffon considerar la actividad del fuego como parte del trabajo perpetuo de una naturaleza dinámica, movida por fuerzas propias.

Pero esto nos deja ver que la química de Buffon se encuentra inscrita en una tradición de pensamiento químico caracterizada por continuidades antes que por rupturas bruscas. En particular, el azufre-principio no desapareció nunca del todo de la química francesa; las ideas en

torno a este principio influyeron en el pensamiento químico francés de la segunda mitad del siglo XVIII y asimismo en la descripción del origen de la vida presentada por Buffon. Apreciar esta continuidad a través de la persistencia bajo diversas formas de la noción de azufre-principio en el pensamiento mecanicista primero y en el influido por Newton y por la teoría del flogisto después, posibilita en primera instancia enlazar las dos partes que conforman este trabajo: y es que situar en este contexto de continuidades la propuesta química de Buffon nos ayuda a la vez a comprender que sus ideas relativas a este campo no eran anacrónicas y a entender la razón de su atribución de un carácter aceitoso a las materias brutas a partir de las cuales se originaron las moléculas orgánicas vivientes. Se hace posible, sobre todo, observar que ni el mecanicismo ni el newtonismo hicieron a un lado nociones que tradicionalmente han sido consideradas parte de la visión alquímica o iatroquímica. Antes bien, tales nociones fueron recogidas y traducidas al nuevo lenguaje de partículas y fuerzas: las ideas químicas de Buffon, marcadas por su fe newtoniana, son un claro ejemplo de ello.

El fuego y el aire, de formas diversas, se asociaron desde tiempos muy antiguos con la vida. Esta asociación se presentó en el concepto de pneuma de los estoicos, constituido por la materia activa del fuego y el aire; en el de azufre de la alquimia, que se vinculó luego con el fuego y el calor corporal vía la combustibilidad; en la visión que Paracelso tenía de cuerpo sideral y del azufre también; en la idea de espíritu aéreo vital que involucraba la parte nitrosa del aire; en el concepto de flogisto como disperso en el aire y esencial para la conservación de la vida vegetal y animal. Luego de un periodo en el que se cuestionó el carácter elemental del fuego y del aire, las investigaciones de Boerhaave y de Hales se lo volvieron a conceder, y esto bajo la inspiración proporcionada por diversas ideas de Newton, entre ellas las relativas al éter. Fue en este marco que Buffon propuso su noción de aire y fuego fijos y que, retomando ideas nuevas y antiguas, pudo concebir a la naturaleza como una agencia creativa capaz, por sí misma, de dar origen a la vida.

Bibliografía

- Algarotti, **Le Newtonianisme pour les Dames**, tome II, Montalant, Paris, 1738.
- Allchin Douglas, "Phlogiston after Oxygen", **Ambix**, vol. 39, no. 3, noviembre 1992.
- Atran Scott. "The Common Sense Basis of Buffon's «Méthode Naturelle»" en Gayon Jean (ed.) **Buffon 88**. VRIN, Paris, 1992.
- Bacon Francis. **The Works of Francis Bacon**. Vol. IV. Lonoman and Co., London, 1860.
- Bacon Francis. **The Works of Francis Bacon**. Vol. V. Lonoman and Co., London, 1861.
- Berthollet C. L., **Essai de Statique Chimique**, Demonville et Sœurs, Paris, 1803.
- Böhme Gernot y Böhme Hartmut. **Fuego, agua, tierra, aire**. Herder, Barcelona, 1998.
- Boscovich Roger Joseph. **A Theory of Natural Philosophy (1763)**. En <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/Chem-History/Boscovich-1763.html>
- Boyle Robert. **The Sceptical Chymist**. J. Cadwell, London, 1661.
- Boyle Robert. **The Works of the Honourable Robert Boyle**. Vol. IV. W. Johnston, London, 1772.
- Brock William H. **The Chemical Tree**. W. W. Norton & Company, New York, 1992.
- Buffon Georges-Louis Leclerc. **Histoire Naturelle des Minéraux**. Tome I, Imprimerie Royal, Paris, 1783.
- Buffon Georges-Louis Leclerc. **Histoire Naturelle des Minéraux**. Tome II, Imprimerie Royal, Paris, 1783.
- Buffon Georges-Louis Leclerc. **Histoire Naturelle des Minéraux**. Tome IV, Imprimerie Royal, Paris, 1786.
- Buffon Georges-Louis Leclerc. **Histoire Naturelle, Générale et Particulière**. Supplément, Tome I. Imprimerie Royal, Paris, 1774.
- Buffon Georges-Louis Leclerc. **Œuvres Complètes de Buffon**. Tome I, Furne et Cie., Paris, 1839.
- Buffon Georges-Louis Leclerc. **Œuvres Philosophiques de Buffon**. Texte établi et présenté par Jean Pivetau, Presses Universitaires de France, Paris, 1954.
- Casini Paolo. "Buffon et Newton" en Gayon Jean (ed.) **Buffon 88**. VRIN, Paris, 1992.
- Charleton Walter, **Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana**, reprint of the London ed. of 1654, Johnson Reprint, New York, 1996.
- Christie J. R. R., "Narrative and Rhetoric in Hélène Metzger's Historiography of Eighteenth Century Chemistry", **History of Science**, vol. 25, 1987.
- Clericuzio Antonio. **Elements, Principles and Corpuscles**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 2000.
- Cohen I. Bernard. **The Newtonian Revolution**. Cambridge University Press, Cambridge, 1980.
- Crosland Maurice P. **Estudios históricos en el lenguaje de la química**. UNAM, México, 1988.
- Crosland Maurice. "Chemistry and the chemical revolution" en Rousseau G. S. & Porter Roy (eds.) **The ferment of knowledge**. Cambridge University Press, 1980.
- Crosland Maurice (ed.), **The Science of Matter: A Historical Survey**, Penguin Books, 1971.
- Debus Allen G. **The English Paracelsians**. Oldbourne, London, 1965.
- Debus Allen G. **The French Paracelsians**. Cambridge University Press, Cambridge, 1991.

- Debus Allen G., "Chemists, Physicians, and Changing Perspectives on the Scientific Revolution", *Isis*, vol. 89, no. 1, marzo 1998.
- Descartes. **Ceuvres de Descartes**. Tomes III y IV. F. G. Levrault, Libraire, Paris, 1824.
- Dobbs B. J. T. "Conceptual Problems in Newton's Early Chemistry" en Osler Margaret J. & Farber Paul Lawrence (eds.). **Religion, Science and Worldview**. Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- Dobbs B. J. T., "Newton's Alchemy and his Theory of Matter", *Isis*, vol. 73, no. 4, diciembre 1982.
- Donovan Arthur. "Buffon, Lavoisier and the Transformation of French Chemistry" en Gayon Jean (ed.) **Buffon 88**. VRIN, Paris, 1992.
- Donovan Athur. "Newton and Lavoisier", en Theerman Paul & Seeff Adele F. (eds.). **Action and Reaction**. Associated University Presses, London and Toronto, 1993.
- Duncan Alistair. **Laws and Order in Eighteenth-Century Chemistry**. Clarendon Press, Oxford, 1996.
- Eddy Jr. John H., "Buffon's Histoire naturelle: History? A Critique of Recent Interpretations", *Isis*, vol. 85, no. 4, diciembre 1994.
- Geoffroy, "Table des differents rapports observés en Chimie entre diferentes substances", **Histoire de l'Académie Royale des Sciences, Année 1718**, Paris, 1741.
- Golinski Jan. "Chemistry" en <http://www.unh.edu/history/golinski/paper5.htm>
- Golinski Jan, "Hélène Metzger and the Interpretation of Seventeenth Century Chemistry", **History of Science**, vol. 25, 1987.
- Golinski Jan, "Peter Shaw: Chemistry and Communication in Augustan England", **Ambix**, vol. 30, no. 2, marzo 1983.
- Gough J. B., "Lavoisier and the Fulfilment of the Stahlian Revolution", **Osiris**, 2nd Series, vol. 4, **The Chemical Revolution: Essays in Reinterpretation**, 1988.
- Guerlac Henry. **Essays and Papers in the History of Modern Science**. The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1977.
- Guerlac Henry. **Lavoisier-The Crucial Year**. Cornell University Press, 1961.
- Guyton de Morveau, "Affinité", en **Supplément à L'Encyclopédie**, tome premier, Amsterdam, 1776.
- Hales Stephen. **Vegetable Staticks** (1727). Oldbourne, London, 1961.
- Hanks Lesley. **Buffon avant L'«Histoire Naturelle»**. PUF, Paris, 1966.
- Hodge Jonathan. "Two Cosmogonies (Theory of the Earth and Theory of Generation), and the Unity of Buffon's Thought", en Gayon Jean (ed.) **Buffon 88**. VRIN, Paris, 1992.
- Holmes Frederic L., "The Communal Context for Étienne-François Geoffroy's 'Table des rapports'", **Science in Context**, vol. 9, no. 3, 1996.
- Holmes Frederic L., "The 'Revolution in Chemistry and Physics': Overthrow of a a Reigning Paradigm or Competition between Contemporary Research Programs?", *Isis*, vol. 91, no. 4, Diciembre 2000.
- Homborg, "Suite des Essais de Chimie. Article Troisième. Du Souphre Principe", **Histoire de l'Académie Royale des Sciences, Année 1705**, Paris, 1730.
- Home R. W. "Newton's Subtle Matter: the *Opticks* Queries and the Mechanical Philosophy" en Field J. V. & James Frank A. J. L. **Renaissance & Revolution**. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- Hooke Robert. **Micrographia**. Martyn & Allestry, London, 1665.

- Hooke Robert. **The Posthumous Works of Robert Hooke**. 2nd. ed., F. Cass, London, 1971.
- Hoskin M. A. "Foreword" en Hales Stephen, **Vegetable Staticks** (1727). Oldbourne, London, 1961.
- Jennings Richard C., "Lavoisier's Views on Phlogiston", **Ambix**, vol. 28, no. 3, noviembre 1981.
- Kim Mi Gyun, "The Analytic Ideal of Chemical Elements: Robert Boyle and the French Didactic Tradition of Chemistry", **Science in Context**, vol. 14, no. 3, 2001.
- Kim Mi Gyun, **Affinity, that Elusive Dream**, The MIT Press, Cambridge, London, 2003.
- Klein Ursula, "Origin of the Concept of Chemical Compound", **Science in Context**, vol. 7, no. 2, 1994.
- Klein Ursula, "E. F. Geoffroy's Table of Different 'Rapports' Observed Between Different Chemical Substances", **Ambix**, vol. 42, no. 2, julio 1995.
- Leclaire Lucien. "L'«Historie naturelle des minéraux», ou Buffon géologue universaliste" en Gayon Jean (ed.) **Buffon 88**. VRIN, Paris, 1992.
- Lefèvre Nicolas. **Cours de Chymie**. Tome I. Cinquième Édition. Jean-Noel Leloup, Paris, 1751.
- Leicester Henry M. **The Historical Background of Chemistry**. Dover Publications, Inc., New York, 1956.
- Leicester Henry M. & Klickstein Herbert S. (eds.), **A Source Book in Chemistry, 1400-1900**, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1952.
- Lémery Nicolas. **Cours de Chymie**. Paris, 1675.
- Lémery Nicolas. **Cours de Chymie**. Nouvelle Édition. D'Houry, Paris, 1757.
- Levere Trevor H. **Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800-1865**. Clarendon Press, Oxford, 1971.
- Macquer Pierre. "Principles", **Dictionary of Chemistry** (1766) en <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/macquer.html>
- Macquer Pierre, **Éléments de Chymie Théorique**, Jean-Thomas Herissant, Paris, 1749.
- Maupertuis, **Venus Physique**, Paris, 1745.
- Mauskopf Seymour, "Richard Kirwan's Phlogiston Theory", **Ambix**, vol. 49, no. 3, noviembre 2002.
- Mayow John. "On Sal Nitrum and Nitro-Aerial Spirit" (1674), **Medico-Physical Works**, en <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/mayow.html>
- McEvoy John G., "Positivism, Whiggism, and the Chemical Revolution: A Study in the Historiography of Chemistry", **History of Science**, vol. 25, parte 1, no. 107, 1997.
- McKie Douglas. "Introduction" a Lavoisier Antoine-Laurent, **Elements of Chemistry**, traducción inglesa de Robert Kerr (1790), Dover Publications, Inc., New York, 1965.
- Melhado Evan M., "Scientific Biography and Scientific Revolution: Lavoisier and Eighteenth-Century Chemistry", **Isis**, vol. 87, no. 4, diciembre 1996.
- Melhado Evan M., "Chemistry, Physics, and the Chemical Revolution", **Isis**, vol. 76, no. 2, junio 1985.
- Melhado Evan M., "Metzger, Kuhn and Eighteenth-Century Disciplinary History", en Freudenthal Gad (ed.), **Studies on Hélène Metzger**, (Corpus 8/9), Paris, 1988.
- Melhado Evan M., "Toward and Understanding of the Chemical Revolution", **Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present**, vol. 8, 1989.

-
- Melhado Evan M., "Oxygen, Phlogiston, and Caloric: The Case of Guyton", **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, vol. 13, parte 2, 1983.
 - Metzger Hélène. **Les Doctrines Chimiques en France du début du XVII^e a la fin du XVIII^e Siècle**. Albert Blanchard, Paris, (1923), 1969.
 - Metzger Hélène. **Newton, Stahl, Boerhaave et la Doctrine Chimique**. Albert Blanchard, Paris, 1930.
 - Newman William R. & Principe Lawrence M., "Alchemy vs. Chemistry": The Etymological Origins of a Historiographic Mistake, **Early Science and Medicine**, vol. 3, 1998.
 - Newman William R. & Principe Lawrence M., **Alchemy Tried in the Fire**, The University of Chicago Press, Chicago and London, 2002.
 - Newton Isaac. **The Principia**. Prometheus Books, New York, 1995.
 - Newton Isaac. **Opticks**. Dover Publications Inc., New York, 1979.
 - Newton Isaac. **Isaac Newton's Papers & Letters on Natural Philosophy**. Harvard University Press, Cambridge, 1958.
 - Paracelso. **Textos esenciales**. Jolande Jacobi (ed.), ediciones Siruela, Madrid, 1995.
 - Paracelsus. **Selected Writings**. Ed. by Jolande Jacobi, Princeton University Press, Princeton, 1979.
 - Partington J. R. (1937). **A Short History of Chemistry**. Dover Publications, Inc., New York, 1989.
 - Philalethes Eirenaeus. **Three Treatises** (1668), <http://www.levity.com/alchemy/philalet.html>
 - Powers John C., "Ars Sine Arte": Nicholas Lemery and the End of Alchemy in Eighteenth-Century France", **Ambix**, vol. 45, no. 3, noviembre 1998.
 - Priesner Claus & Figala Karin (eds.). **Alquimia, enciclopedia de una ciencia hermética**. Herder, Barcelona, 2001.
 - Principe Lawrence M. & Newman William R., "Some Problems with the Historiography of Alchemy", en Newman William R. and Grafton Anthony (eds.), **Secrets of Nature: Astrology and Alchemy in Early Modern Europe**, MIT Press, Cambridge, 2001.
 - Principe Lawrence M., **The Aspiring Adept**, Princeton University Press, Princeton, 1998.
 - Radl E. M. (1905). **Historia de las teorías biológicas**. Alianza Universidad, Madrid, 1988.
 - Rey Jean, **On an Enquiry into the Cause wherefore Tin and Lead Increase in Weight on Calcination** (1630), en <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/rej.html>
 - Roberts Lissa, "The Death of the Senuous Chemist: The 'New' Chemistry and the Transformation of Senuous Technology", **Studies in History and Philosophy of Science Part A**, vol. 26, no. 4, 1995.
 - Roger Jaques. "Introduction" a Buffon. **Les Époques de la Nature**. Édition critique, Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 1962.
 - Roger Jaques. "Chimie et biologie: des «molécules organiques» de Buffon à la «physico-chimie» de Lamarck (1979), en **Pour une histoire des sciences à part entière**. Albin Michel, Paris, 1995.
 - Roger Jaques. **Buffon, un Philosophe au Jardin du Roi**. Fayard, Paris, 1989.
 - Salzberg Hugh W. **From Caveman to Chemist**. American Chemical Society, Washington, DC., 1991.
 - Schofield Robert E. **Mechanism and Materialism**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1970.

-
- Senac, *Nouveau Cours de Chymie Suivant les Principes de Newton & de Stahl*, Jacques Vincent, Paris, 1723.
 - Sendivogius. **The New Chemical Light** (1608). En <http://www.levity.com/alchemy/newchem.html>
 - Siegfried Robert, "Lavoisier and the Phlogistic Connection", *Ambix*, vol. 36, no. 1, marzo 1989.
 - Sloan Philip R. "Natural History, 1670-1802", en Cantor, Christie, Hodge (eds.). **Companion to the History of Modern Science**. London, Croone, 1989.
 - Sloan Philip R., "Buffon Studies Today", *History of Science*, vol. 32, parte 4, no. 98, 1994.
 - Spargo Peter. "Newton's Chemical Experiments", en Theerman Paul & Seeff Adele F. (eds.). **Action and Reaction**. Associated University Presses, London and Toronto, 1993.
 - Stahl Georg Ernst. **Zufällige Gedanken und nützliche Bedencken...** En <http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/stahl.html#phlogiston>
 - Taylor Keneth. "The «Époques de la Nature» and Geology during Buffon's later years" en Gayon Jean (ed.) **Buffon 88**. VRIN, Paris, 1992.
 - Thackray Arnold. **Atoms and Powers**. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1970.
 - Toulmin Stephen & Goodfield Jane. **The Architecture of Matter**. The University of Chicago Press, Chicago and London, 1962.
 - Van Helmont, **Oriatricke, or Physick Refined, the common Errors therein Refuted...**, London, 1662, en webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/Helmont.html
 - Van Helmont, "The Magnetick Cure of Wounds", en **A Ternary of Paradoxes**, James Flesher, London, 1650.
 - Venel, "Chymie" en Diderot & D'Alembert. **Encyclopédie**. Tome III, Briasson, Paris, 1753.
 - Voltaire. **Cartas Filosóficas**. Altaya, Barcelona, 1993.