

**MAESTRIA EN EPISTEMOLOGIA Y METODOLOGIA DE LA CIENCIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA**

**LA TRANSICION DE LA TEORIA DEL FLOGISTO  
A LA TEORIA QUIMICA DE LAVOISIER  
SEGUN DISTINTAS POSICIONES  
EPISTEMOLOGICAS**

**ANALIA GLADYS TOMBA MARTINEZ**

**DIRECCION: DR. EDUARDO FLICHMAN**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento al Dr. Eduardo Flichman, quien además de sus tareas de dirección, tuvo siempre hacia mí una incondicional disposición e infinita paciencia, sin las cuales no me hubiera sido posible concretar este trabajo.

A mi padre, mi esposo y muy especialmente a mi hijo, que con mucho amor y paciencia me brindaron un apoyo constante.

Quiero brindar un agradecimiento especial a mi madre, ya que gracias a su estímulo, su ayuda profesional y personal y su cariño, pude llegar finalmente a culminar este trabajo.

Muchísimas gracias a todos.

## INDICE

### INTRODUCCION

### I - ANTECEDENTES HISTORICOS

#### - Introducción

#### - Capítulo 1:

##### El desarrollo de la química hasta el siglo XIX

1.1- Las principales instancias en el desarrollo inicial de la química

1.2- El problema de lo incorpóreo

1.3- La teoría del flogisto

1.4- La química del siglo XVIII: otros aspectos de su desarrollo

1.5- Revolución química:

El ataque a la teoría del flogisto y el nacimiento de la química moderna

1.5.1- Antoine Lavoisier

1.5.2- La estructuración de la química

1.5.3- La teoría de la combustión: oxígeno vs. flogisto

### II -ANALISIS EPISTEMOLOGICO

---

**- Introducción**

**- Capítulo 2:**

**Kuhn: una gran revolución científica**

2.1- Preciencia, ciencia madura y ciencia normal

2.2- Enigmas y anomalías

2.3- Crisis y revolución científica

2.4- La noción de inconmensurabilidad

2.5- La elección entre paradigmas

2.6- Progreso en la ciencia

**- Capítulo 3:**

**Lakatos: un cambio de programas de investigación**

3.1- Programas de investigación científica

3.2- Cambios en los programas de investigación

3.3- Historia interna y externa

**- Capítulo 4:**

**Kitcher: un cambio entre prácticas consensuadas**

4.1- Prácticas científicas: individuales y consensuadas

4.2- La racionalidad del cambio científico

4.3- Progreso multidimensional

4.4- Lavoisier contra los flogicistas: el análisis de Kitcher

- Capítulo 5:

Consideraciones Finales

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

La apelación a la historia de la ciencia como fuente para la elaboración o sustento de teorías epistemológicas es un recurso amplia y eficazmente utilizado por los filósofos de la ciencia, en especial a partir de la década del '60. Anteriormente, el empleo de ejemplos históricos no era tan común y en muchos casos se abordaban desde una perspectiva marcadamente anacrónica. Al concentrar la atención en la problemática referida al discurso científico en cuanto conjunto de conocimientos organizado en un cuerpo de teorías, los aspectos lógicos y lingüísticos que se privilegian aparecen como atemporales, indiferentes a los condicionamientos históricos. La preocupación por establecer criterios demarcatorios precisos entre las teorías científicas y las pseudocientíficas y filosóficas, particularmente las metafísicas, otorga a las propuestas epistemológicas de la denominada "visión clásica de la ciencia", un carácter fuertemente normativo, alejado quizá de los avatares de la práctica real de la actividad científica. Es a partir de autores como Kuhn y Lakatos, que la historia de la ciencia pasa a ocupar un rol relevante en cuanto permite otorgar fundamentación a las tesis elaboradas a la luz de una consideración del quehacer concreto de los científicos a través del tiempo. Al recurrir al desarrollo de los hechos relativos a la elaboración, aceptación, permanencia y cambios de las teorías científicas, las propuestas epistemológicas asumen un carácter más bien descriptivo. En este sentido, configuran su objeto de análisis desde perspectivas que involucran otras dimensiones identificables en la propia comunidad científica como son los valores epistémicos, las decisiones consensuadas, la posible incidencia de otras áreas culturales como la política, el sistema de creencias, etc. Esto se vincula con el tipo de cuestionamientos planteados que tienden a dar cuenta del progreso científico, de los criterios de aceptación de resultados, de la incidencia del dato empírico, de la

relación teoría-realidad, de la posibilidad de establecer consenso entre los miembros de la comunidad de científica, de la importancia de los valores epistémicos, entre otros. Esta tendencia en la epistemología ha redundado en beneficio de una comprensión más profunda no solamente de las teorías científicas en cuanto producto, sino también de la propia actividad científica como un particular modo de generar y transmitir conocimiento.

Estas últimas posiciones surgen generalmente desde autores que han asumido una crítica opositora a la tradición epistemológica del Círculo de Viena, la escuela de Berlín y Popper, entre otros, constituyendo un grupo de concepciones de la ciencia conocidas como no-estándares. Una de las características compartidas entre ellas es el recurso al proceso histórico de las disciplinas científicas en la presentación y sustentación de sus tesis referidas particularmente a cuestiones relacionadas con la actividad de la comunidad científica. Dentro de este grupo, las propuestas de Kuhn, Lakatos y Kitcher pueden tomarse como representativas de estas concepciones. Por una parte, Kuhn es uno de los primeros en presentar tesis en fuerte oposición a la concepción estándar. Lakatos, discípulo de Popper pero influenciado por las ideas kuhnianas, elabora una teoría que mantiene en ciertos aspectos conexiones con la tradición. Por su parte, las tesis de Kitcher, más recientemente elaboradas, rescatan algunos aspectos significativos de la concepción estándar, pero tiene como nota original proponer el análisis de la práctica científica desde una idea conjuntística en la que se distinguen dimensiones relativamente independientes.

Las instancias relevantes de la historia de la química son citadas en el ámbito de la epistemología en numerosas oportunidades para ejemplificar o dar sustento a teorías

epistemológicas, aunque siempre son superadas por los aportes de casos provenientes de la física. Uno de los acontecimientos que más frecuentemente ha llamado la atención de los epistemólogos tiene que ver con las grandes transformaciones ocurridas en la química a mediados del siglo XVIII, cuyo como protagonista central fue Lavoisier. Este episodio estuvo ligado al abandono de la creencia por parte de los químicos en la existencia del flogisto, una entidad que había sido propuesta al comenzar el siglo para explicar la constitución y los cambios químicos de las sustancias. Simultáneamente, la gran tarea a la que se abocó Lavoisier permitió sentar las bases para el desarrollo de la química como una ciencia moderna. Sin embargo, la referencia a este como a otros acontecimientos de la disciplina en el contexto epistemológico es sólo parcial, ya que se analizan solamente algunos aspectos del desarrollo de los acontecimientos.

El objetivo de este trabajo es profundizar en el análisis de la revolución química del siglo XVIII a la luz de las teorías epistemológicas de epistemólogos pertenecientes a la concepción no-estándar de la ciencia como Kuhn, Lakatos y Kitcher. Con esto se pretende lograr una mayor comprensión de por qué y cómo se producen en la ciencia los episodios que se conocen bajo el título de "revoluciones científicas" y cuál es el grado en que tales acontecimientos modifican la disciplina y a las personas que desarrollan sus actividades en relación a ella. En cada caso se aborda el análisis contemplando exhaustivamente los criterios formulados por el autor, en particular, los referidos a la unidad de análisis, la modalidad del cambio científico, el progreso, el papel de la comunidad científica, entre otros.

En el bloque I, Capítulo 1, se presenta un relato histórico de los acontecimientos relativos a la revolución química de Lavoisier, junto con una descripción de la teoría del

flogisto, sus antecedentes y el contexto en el cual se desarrolló y que determinó su abandono. En el bloque II, correspondiente al análisis epistemológico, se describen las posiciones epistemológicas de los autores y se aborda el análisis de la transición de la teoría del flogisto a la de Lavoisier desde tales concepciones. En el Capítulo 2 se presenta a Kuhn, en el Capítulo 3 a Lakatos y en el Capítulo 3 a Kitcher.

Finalmente, en el Capítulo 4 sobre Consideraciones Finales se establecen los puntos en común y aquéllos en los que las tesis de los autores resultan complementarias, mostrando cómo las tres concepciones alternativas permiten caracterizar distintas facetas de este episodio en la historia de la disciplina. Además, se analizan los puntos donde la aplicación de los criterios epistemólogos resultan totalmente opuestos; en estos casos se intenta acercar una opinión respecto a cuál resulta más adecuado.

I. ANTECEDENTES HISTORICOS

Durante el siglo XVIII la química experimenta en su desarrollo modificaciones de tales dimensiones que determinan su transformación en una ciencia moderna, de un modo análogo al proceso que alrededor de un siglo antes había ocurrido en la física. Esta transformación se produjo de la mano del científico francés Antoine Lavoisier, quien respondiendo a un intento de reorganizar la disciplina, terminó estableciendo las bases de la química de los siglos siguientes. En este proceso la teoría del flogisto, postulada a principio del siglo XVIII y que había logrado explicar gran parte de los cambios químicos estudiados, fue puesta en duda y finalmente abandonada.

En este bloque se presentan los datos que se han estimado significativos sobre la historia de la química, relativos a la aparición de la teoría del flogisto y su posterior abandono a partir de los trabajos de Lavoisier. Se incluye una breve descripción de los orígenes de la química y el desarrollo de la alquimia y disciplinas relacionadas a la misma. Se atiende también al surgimiento de las primeras teorizaciones acerca de los cambios químicos y la constitución de las sustancias, aún con raíces en la filosofía aristotélica. Se llega así hasta la postulación de la teoría de Stahl en 1703, que permite dar cuenta de las principales reacciones químicas conocidas hasta ese momento sobre la base de tres principios constitutivos de las sustancias, entre ellos el *flogisto*. La determinación de los alcances de esta teoría, de gran aceptación en la primera mitad del siglo XVIII, muestra también sus puntos débiles, los cuales se constituyen posteriormente en el blanco de ataque.

Se presentan además, los principales descubrimientos, problemáticas de interés, ámbitos de conflicto que se produjeron o desarrollaron en relación a la química entre los siglos XVII y XVIII. Tal descripción permite comprender la situación particular por

la que atravesaba la química y que la alejaba del camino que ya habían tomado otras ciencias como la física. En este contexto, surge un científico francés, Lavoisier, formado en las ideas newtonianas, que asumió la tarea de reorganizar el complejo conjunto de conocimientos que en esa instancia constituían la química. Su programa tenía entre sus objetivos la sistematización de la nomenclatura, y en esta tarea se vio obligado a resolver cuestiones más básicas acerca de la composición de las sustancias y sus reacciones, algunas de las cuales se presentan someramente en este apartado. El trabajo acerca de las reacciones químicas, descrito oportunamente, es lo que lleva a Lavoisier a poner seriamente en duda la teoría del flogisto, alrededor de 1770. Luego de un par de décadas en las que los defensores del flogisto, Priestley entre ellos, lucharon por demostrar su superioridad frente a las hipótesis de Lavoisier, finalmente la teoría fue abandonada. En su reemplazo, una concepción diferente pasó a orientar los pasos de la química en una nueva dirección, hacia el estudio de relaciones cuantitativas y la aproximación a los métodos de la física. De esta manera culminó la primera gran revolución dentro de la química, a partir de la cual esta disciplina comenzó a desarrollarse sobre bases más sólidas, algunas de las cuales se han mantenido hasta nuestros días.

**Capítulo 1**

**EL DESARROLLO DE LA QUIMICA  
HASTA EL SIGLO XIX**

### 1.1- Las principales instancias en el desarrollo inicial de la química<sup>1</sup>

La historia de las culturas antiguas muestra que desde los primeros tiempos, el hombre ha percibido en la naturaleza transformaciones de carácter químico y ha especulado acerca de sus causas. Siguiendo la historia de estas especulaciones, es posible identificar la gradual evolución de estas ideas y conceptos que culminaron en el nacimiento de la química moderna, manteniendo ciertos rasgos fundamentales que se conservan en la práctica actual de la disciplina.

En la antigüedad no sólo se registró la existencia de este tipo de cambios, sino que también se puso en práctica la producción de fenómenos químicos, como lo demuestra la actividad de los artesanos de la Mesopotamia, Egipto y China, quienes llevaron a cabo, al parecer, los primeros procesos químicos trabajando metales provenientes de fuentes naturales u obtenidos a partir de sus óxidos o sales. También se implementó la tecnología química en la producción de teñidos de distintos tejidos, en la preparación de esmaltes, y en la obtención del vidrio.

Sin embargo, fueron los griegos quienes abordaron estas transformaciones generando ideas desde una perspectiva que podemos calificar como teórica. Desde Tales (siglo VI A.C.) hasta Aristóteles (siglo IV A.C.), los filósofos griegos intentaron encontrar un principio unificador para explicar racionalmente la naturaleza del cosmos. Desde el supuesto de que todo proviene del agua, pasando por el atomismo de

---

<sup>1</sup> En "Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo – 1. La Ciencia ...", Crombie, 1980 [1], "Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo – 2. La Ciencia...", Crombie, 1980 [2], "Historia de la Ciencia", Font, 1974 [3], "Pensamiento Científico", Boído y otros, 1988 [4].

Demócrito (siglos V-IV A.C.), Aristóteles configuró una concepción teórica de la materia proponiendo la existencia de cuatro elementos (fuego, aire, agua y tierra) y cuatro cualidades primarias (calor, frío, humedad y sequedad), que mezclándose en distintas proporciones componían todas las cosas del mundo; todas las otras cualidades eran secundarias y derivadas. Los ejemplos más sencillos de la materia perceptible eran los cuatro elementos, determinados por las cualidades primarias de la siguiente forma: cálido y seco = *fuego*, cálido y húmedo = *aire*, frío y húmedo = *agua*, frío y seco = *tierra*. Cambiando los miembros de pares contrapuestos, un elemento podía ser transformado por otro; la vieja cualidad se “corrompía” y la nueva se “engendrabá”. Estos cambios que afectaban la estructura íntima de la materia, podían implicar el cambio de una o más cualidades e incluso dar lugar a la formación de nuevas sustancias.

Los artesanos prácticos, especialmente de Alejandría (Egipto), tomaron estas teorías aristotélicas y supusieron que privando a los metales de sus atributos era posible otorgarles luego las características del oro; de este modo, un metal podía volverse más y más perfecto hasta transformarse en oro, considerado tradicionalmente como “el metal perfecto”. Nace entonces el arte de la transmutación de los metales conocido como **alquimia**, que con un espíritu eminentemente práctico se constituye en la tarea fundamental a la que se abocan filósofos y artesanos. El objetivo principal de la alquimia fue la producción de oro a partir de otros metales. Los primeros alquimistas (siglo III) combinaron la descripción de aparatos químicos y de operaciones prácticas de laboratorio con explicaciones del universo visible basadas en la acción por simpatía, la acción a distancia, el influjo celeste, los poderes ocultos bajo cualidades mani-

fiestas y los poderes de los números; estas ideas dominaron la química desde el siglo III hasta el XVII. Una práctica muy común entre los alquimistas era hacer sus descripciones en un lenguaje simbólico y oscuro, mezcla de ocultismo y esoterismo, quizá para burlar a otros y mantener a salvo sus secretos. Aunque nadie tuvo éxito en obtener oro, gracias al camino desarrollado en la búsqueda de la perfección de los metales se descubrieron muchos procesos químicos. Al mismo tiempo pero independientemente, surgió en China una alquimia semejante aunque el interés por el oro no era de carácter monetario sino porque se lo consideraba poseedor de poderes medicinales para alargar la juventud e incluso, lograr la inmortalidad. Los chinos, al igual que los egipcios, lograron conocimientos químicos prácticos a partir de teorías que posteriormente fueron superadas.

Durante el período del Imperio Romano (siglos I a IV), los textos griegos tuvieron poca o ninguna presencia en Europa. La ciencia de carácter especulativo, como la habían desarrollado los griegos, no cautivó el interés de los romanos, un pueblo eminentemente práctico, pero se concentró en realizaciones de carácter concreto. Los romanos no contaron con grandes científicos, pero sí se con capacidad técnica y racional. Después de la caída del Imperio Romano (siglo IV), la cultura árabe se interesó por rescatar los escritos griegos; también los nestorianos, desde la base del cristianismo, se interesaron por esta recuperación, que se va concretando a lo largo del período de dominio árabe desde los siglos VII y VIII. Los árabes recibieron los manuscritos desde Oriente por emigrados de Alejandría y tradujeron a su lengua las obras de Aristóteles, Ptolomeo (siglo II), Euclides (siglo IV A.C.) y Arquímedes (siglo III A.C.). Conjuntamente, renació el interés por la alquimia cuya influencia se extendió

hasta Asia Menor y Medio Oriente en general. Los alquimistas árabes estuvieron en contacto con China recibiendo la idea del oro como medicina y con los griegos de quienes recibieron su concepción como metal perfecto. La motivación por la búsqueda de la "piedra filosofal", un elixir que favorecería la transmutación, estimuló las investigaciones en alquimia produciendo un importante progreso en el conocimiento de sustancias (los álcalis, por ejemplo), la construcción de instrumental químico (aparatos de destilación) y el reconocimiento de la necesidad de contar con métodos cuantitativos.

A partir del siglo X, la gradual recuperación de los territorios ocupados por los árabes permitió el reingreso de los antiguos textos a Europa mediterránea. Hacia finales de la Alta Edad Media (siglo XI), los primeros textos que se leyeron en sus traducciones del árabe al latín fueron los de alquimia. Se identifican dos tipos de textos: los puramente prácticos y aquéllos que intentaban aplicar las teorías acerca de la naturaleza a los problemas de alquimia. Entre los aspectos prácticos tratados, que ponen en evidencia la efectiva tecnología química existente en Europa al final del siglo XIII, se cuentan la destilación, la manufactura de vidrio, la obtención de sustancias como alcohol y ácidos minerales (nítrico, clorhídrico, sulfúrico) y el descubrimiento de nitratos como detonante.

A pesar de que la química había comenzado como una técnica, con un gran componente empírico, alrededor del siglo XIII ya había adquirido un cuerpo considerable de teoría, cuya finalidad era explicar los cambios que concentraban la atención en ese momento, es decir, las transformaciones cualitativas y sustanciales de la materia inanimada terrestre. Algunos de los textos en los que se volcaron estas teorías re-

velaban un carácter místico mientras que otros intentaban dar explicaciones de las transmutaciones en términos físicos. Entre estos últimos, las explicaciones implementadas se basaban en las ideas aristotélicas pero con una mayor especificidad, particularmente en el caso de la composición de los metales. Se los consideraba constituidos por "principios" tales como:

- el "principio mercurio", que otorgaba a los metales la propiedad de fluir.
- el "principio azufre", que hacía a las sustancias combustibles y causaba la corrosión de los metales.

Las reacciones químicas se explicaban en términos de cambios en la cantidad de estos principios en las sustancias materiales. Este entrelazamiento del edificio teórico con la alquimia determinó el carácter de la investigación química durante siglos, pero mientras la actividad alquímica produjo una gran cantidad de información útil, la teoría alquímica tuvo poco que ofrecer.

Tanto los aspectos mágicos como prácticos de la alquimia florecieron vigorosamente en Occidente durante la Baja Edad Media (siglo XIII a XV), en la búsqueda de una fórmula que proporcionara salud y eterna juventud, riquezas y poder. La gran publicidad dada a la alquimia más científica por los enciclopedistas del siglo XVIII dio origen, hasta el siglo XVII, a una gran cantidad de manuscritos que pretendían la producción de oro. Inicialmente los autores de estos textos tenían alguna instrucción, pero más tarde, durante los siglos XIV y XV, los escribieron hombres de todo tipo. Durante los siglos XIII y XIV las observaciones empíricas comenzaron a generar du-

das acerca de las explicaciones relativamente simples dadas por Aristóteles a ciertos fenómenos. En este tiempo los métodos cuantitativos tuvieron un importante auge, ligados a los trabajos en minería y medicina, que requerían cada vez más precisión.

En la teoría química no se realizó ningún progreso significativo hasta el siglo XVI con Paracelso (1493-1541). Este físico suizo consideraba a los metales y sus compuestos como medicinas más poderosas que las hierbas. Paracelso aceptaba la transmutación de los metales, pero su preocupación primordial no era esa, sino la de preparar y purificar sustancias químicas para ser utilizadas en medicina por lo que promovió las técnicas cuantitativas. Fue el fundador de la **iatroquímica**, predecesora de la farmacología y dedicada al uso de medicinas elaboradas químicamente y así descubrió, junto con sus seguidores, muchos compuestos y reacciones desconocidas hasta el momento. Además, modificó la teoría de la composición de los metales agregando a los principios mercurio y azufre un tercer componente, la "cal", que constituía la parte "terrosa" de toda sustancia. Al respecto, sostiene :

"aquello que se quema es azufre, aquello que se vaporiza  
es mercurio y aquello que se vuelve cenizas es cal"

Al igual que el azufre y el mercurio, la cal no era una sustancia material sino un principio. Los últimos constituyentes de la materia, de los que estaban compuestos estos *tria prima* (azufre, mercurio y cal), eran los cuatro elementos aristotélicos. Hacia fines del siglo XVI, Libavius (1540-1616) hizo una clara exposición de las técnicas y sustancias iatroquímicas en "Alchemia", considerado el primer libro de texto de química.

Durante el siglo XVI, reaparece la antigua teoría de Demócrito que suponía la existencia de átomos (partículas no divisibles) en el ámbito de la química. Daniel Sennert (1572-1637), holandés, es el primero en aplicar estas ideas a la química afirmando que las sustancias sujetas a ciertos cambios debían estar formadas por cuerpos simples de los que surgían y se resolvían. Estos cuerpos, considerados como *minima* físicos, eran de hecho átomos. El filósofo y matemático Descartes (1596-1650) y sus seguidores también desarrollaron un modelo mecánico de la materia en el que el tamaño, forma y movimiento de pequeñas partículas podía explicar los fenómenos observados en la materia (aunque no consideraba a las partículas como *minima* físicos).

Durante el siglo XVII varias ciencias entraron en la etapa moderna de su evolución. Sin embargo la química todavía no había alcanzado suficiente madurez como para encontrarse entre ellas. En la primer mitad del siglo XVII algunos investigadores comenzaron a estudiar las reacciones químicas experimentalmente, no por su posible aplicación en otras áreas sino por su propio interés. Las investigaciones de Van Helmont (1577-1644) aportaron, entre otros descubrimientos, una nueva clase de sustancias: los gases. No se consideraba entonces que los gases tuvieran propiedades químicas y sólo se puso atención sobre su comportamiento físico, como en el caso de físico y químico inglés Boyle (1626-1691), cuyos estudios sobre la elasticidad del aire culminaron en la conocida ley de Boyle sobre la relación presión/volumen de un gas.

En la segunda mitad del siglo XVII aparecieron los tratados químicos de Glaser (1628-1672?) y Lémery (1645-1715) que, aunque superaron a los anteriores, se li-

mitan a mostrar operaciones químicas, generalmente destinadas a la preparación de medicamentos, y los aparatos utilizados para tal fin. Estos tratados se perpetuaron en innumerables ediciones durante la primer mitad del siglo XVIII.

## 1.2- El problema de lo incorpóreo<sup>2</sup>

A lo largo del siglo XVIII la teoría sobre la materia pasó de ser una rama de la filosofía a convertirse en un campo independiente de la ciencia natural. La transición fue gradual y lenta, debido a que existía un gran obstáculo: el problema de lo incorpóreo. Sin definir qué cosas son materiales y qué cosas no lo son, no es posible establecer una teoría de la materia fundada en bases sólidas. Durante varios siglos se había adquirido experiencia con líquidos y sólidos, pero las sustancias menos tangibles se mantenían en la ambigüedad y la confusión. De los primeros no se dudaba que fueran sustancias materiales; sin embargo, cuando se presentaban situaciones más dudosas como la naturaleza del fuego o de los “aires”, recientemente descubiertos, no había un criterio claro sobre cómo decidir si eran materiales o no.

Oportunamente, se habían propuesto al menos tres criterios rivales que se usaban para distinguir los objetos materiales como aquéllos que:

- 1) eran capaces de producir efectos físicos.
- 2) eran impenetrables o bien podía serlo cuando se condensaban o solidificaban.
- 3) estaban sujetos a la gravedad, es decir, poseían masa y peso (ponderables).

---

<sup>2</sup> En “The Architecture of Matter”, Toulmin y Goodfield, 1962 [2].

En la primera mitad del siglo XVII, Descartes y el filósofo y matemático francés Gassendi (1592-1655), partidarios del atomismo, adhirieron al primer criterio. A principios del siglo XVIII, el requerimiento ser ponderable (criterio 3) sólo tuvo pocos seguidores ya que las teorías newtonianas acerca de la masa y la gravedad en las que se basaba aún eran muy nuevas y generaban polémicas.

La importancia crucial que tiene la masa en química no fue establecida sino hasta mediados del siglo XIX, momento en el cual pudo distinguirse claramente entre:

- sustancias químicas genuinas, las cuales eran ponderables y tenían efectos físicos, y por lo tanto eran materiales en ambos sentidos.
- entidades espirituales, que ni eran ponderables ni tenían efectos físicos y resultaban inmateriales.
- una clase de cosas intermedias, como el calor o el magnetismo, que eran imponderables pero tenían efectos físicos indudables.

Sin embargo hacia 1700 no había distinciones sino sólo dudas. Se discutía por ejemplo acerca de la naturaleza del aire atmosférico; si bien había alguna evidencia de que era corpóreo, las técnicas empleadas para el estudio de los gases hasta ese momento no eran satisfactorias para demostrarlo. Dificultades similares surgían acerca del fuego, la llama, el calor, el frío y la luz. Boyle diseñó experimentos calcinando metales para probar que el fuego tenía peso y, paradójicamente, éstos fueron muy parecidos a los que un siglo después le permitieron a Lavoisier (1743-1794) determinar exactamente lo contrario. Tanto uno como el otro estudiaron el mismo

fenómeno, el aumento de peso cuando el metal se transformaba en cal por calor; ambos se hicieron la misma pregunta: de dónde proviene ese peso extra. Sin embargo, buscaron la respuesta en explicaciones diferentes porque sus marcos teóricos eran diferentes.

### 1.3- La teoría del flogisto<sup>3</sup>

Los primeros investigadores de los fenómenos químicos intentaron explicar las reacciones químicas con teorías específicas. Los iatroquímicos, por ejemplo, prestaban especial atención al principio azufre y a las teorías de Paracelso. En la segunda mitad del siglo XVII, el físico, economista y químico alemán Joachim Becher (1635-1682) construyó un sistema químico alrededor de estos principios. Notó que cuando una sustancia orgánica se quemaba, parecía liberarse un material volátil. En su teoría de 1669, Becher consideró que las sustancias sólidas terrosas contenían tres constituyentes:

- *terra lapida* o tierra fija, correspondiente al principio cal.
- *terra pinguis*, relacionada con la tierra aceitosa o grasosa presente en todas las materias combustibles y equivalente al principio azufre de la inflamabilidad.
- *terra mercurialis* o tierra fluida, correspondiente al principio mercurio.

La calcinación de los metales o la combustión de sustancias involucraba, según esta

---

<sup>3</sup> En "The Architecture of Matter", Toulmin y Goodfield, 1962 [5], "Notes on phlogiston theory", Mason [6].

teoría, la *descomposición* del cuerpo en estas partes constituyentes; en los casos más elementales en la *terra pinguis* o la *terra lapida*. Los cuerpos simples no podían sufrir combustión, sino sólo aquéllos con *terra pinguis* combinada con alguna de las otras.

En 1703 Stahl (1660-1734), discípulo de Becher, hizo de la inflamabilidad el punto central de una teoría química que sobreviviría durante un siglo. Stahl asumió que cuando algo se quema, es su parte combustible la que se libera al aire. A este componente lo denominó “**flogisto**”, del vocablo griego “inflamable”. El flogisto era el principio de inflamabilidad o azufre, también referido como “el movimiento del fuego” o “del calor”. Este era el componente esencial de las sustancias combustibles y también formaba parte de los metales, junto con la cal. En el libro “*Elémens de chymie-théorique*” (1756, París, Chez Didot) Joseph Macquer (1718-1784) describe esta teoría refiriéndose al flogisto en los siguientes términos:

“Se deduce de lo que acabamos de decir sobre la naturaleza del Fuego, que nos es imposible retenerlo y fijarlo en ningún cuerpo. (...). ¿A través de qué mecanismo este fluido tan penetrante, tan activo, tan difícil de retener, para el cual ninguna sustancia es impenetrable, se encuentra, no obstante, fijado de tal manera que forma parte de los cuerpos más sólidos?. Es esta una pregunta que resulta muy difícil contestar de modo satisfactorio (...). He aquí en qué difiere del Fuego elemental:

1.- Cuando se une a un cuerpo, no le comunica ni calor, ni luz.

2.- No cambia en absoluto su estado de solidez o fluido, de modo que un cuerpo sólido no se transforma en fluido por la adición de flogisto, y viceversa; solamente deja a los cuerpos con los que se une más dispuestos a entrar en fusión por acción del fuego ordinario.

3.- Podemos transportarlo de un cuerpo con el que está unido a otro cuerpo en el cual participa en su composición o permanece fijo. Estos dos cuerpos, tanto aquél al cual se le quita el flogisto como aquél al que se le da, experimentan por ello cambios muy considerables. Es este último fenómeno el que nos lleva particularmente a distinguir el flogisto del fuego puro (...).

Hasta el presente los químicos no han podido llegar a tener el flogisto puro y separado de toda otra sustancia (...).

#### Capítulo I. De los principios. Apartado V: El flogisto.

De este manera, el flogisto actuaría como un principio explicativo, como un mecanismo cuya intervención permitía dar cuenta de las ciertas características del cambio químico, por ejemplo:

- la calcinación de un metal, análoga a la combustión de sustancias, involucraba la pérdida de flogisto al aire; lo que quedaba como residuo en ambos procesos carecía de flogisto y, por lo tanto, no era combustible.
- calentando los calcinados u óxidos de los metales con carbón, el flogisto retornaba al metal.
- la luz y el calor que acompaña las reacciones de combustión se consideraban como efectos del escape del flogisto.

Además, el ciclo de transferencia de flogisto permitía explicar y unificar ciertos fenómenos observados:

- la conversión de rocas minerales en metales cuando eran calentadas con carbón se explicaba como una transferencia de flogisto desde el carbón (rico en flogisto) al mineral (pobre en flogisto); como resultado, el carbón se convertía en cenizas (pobres en flogisto) y el mineral en metal (rico en flogisto).
- los metales tenían más propiedades en común que las que tenían sus minerales (o calcinados) porque los primeros estaban formados por diferentes tierras elementales combinadas con flogisto, y la presencia de este principio en todos ellos les confería propiedades comunes. Una explicación similar podía darse para los ácidos.
- la diferencia en la presencia o ausencia de fuego durante la combustión se explicaba por la velocidad con la que el flogisto abandonaba la sustancia.
- el aire era incidentalmente útil en la combustión; constituía un portador o medio que sostenía al flogisto a medida que abandonaba al metal o al carbón y pasaba a otra cosa, si esta otra cosa estaba disponible. Las plantas absorbían el flogisto del aire enriqueciéndose en él y así la madera era combustible (pero sus cenizas, no).
- la disminución del volumen observada cuando tiene lugar la combustión en un volumen confinado de aire se producía porque el flogisto liberado por la combustión "estropeaba" la elasticidad del aire que lo absorbía (de la misma manera que el fuego "estropea" la elasticidad de un resorte de acero).

Si bien Stahl era sueco, el origen de la teoría del flogisto es alemán, ya que en Mainz se realizaron gran parte de los primeros trabajos. Hasta mediados del siglo XVIII esta teoría fue profunda y universalmente aceptada, fundamentalmente en Francia y Alemania, donde las ideas newtonianas fueron lentamente asimiladas. Químicos como Joseph Black (1728-1799), Henry Cavendish (1731 -1810) y Joseph Priestley (1733-1804) fueron conocidos defensores de esta teoría.

La teoría del flogisto, aún siendo fructífera en explicar cambios químicos, tenía algunos problemas, en particular para aquéllos científicos que desde 1760 se preocupaban por los entes incorpóreos. Indudablemente, el *status* físico del flogisto era muy ambiguo. Algunos químicos como Cavendish, por ejemplo, lo trataban como una sustancia material genuina, la cual podía colectarse y pesarse y en consecuencia, era un ente corpóreo. Otros, negaban que tuviera peso y lo consideraban más bien como un agente incorpóreo.

Por otra parte, había hechos que agudizaban el conflicto acerca del peso del flogisto. Por qué cuando se calientan ciertas sustancias se vuelven más livianas de lo que eran antes de la combustión (la madera que se vuelve cenizas) mientras que otras se vuelven más pesadas (el metal en su calcinado) si es que la combustión involucra la *pérdida* de flogisto. Este hecho era ya conocido por los alquimistas medievales y en 1620, el francés Jean Rey (1582-1645) lo comprobó para el estaño y el plomo y cuarenta años más tarde Boyle hizo lo propio. Incluso Rey argumentó a favor de la creencia de que el aumento de peso que había observado sólo podía provenir del aire que, según él, se mezclaba con las cenizas y se adhería a sus partícu-

las más pequeñas. Sin embargo, la orientación de las respuestas de los flogicista a este hecho fue bastante diferente.

Algunos químicos franceses de tendencia cartesiana opinaron que el flogisto era la parte etérea de la materia, tal que podía tener peso negativo o "liviandad" positiva y entonces su pérdida podía incrementar el peso de la sustancia resultante de la combustión (por ejemplo, del calcinado). Esta respuesta era inaceptable para quien hubiera aceptado las ideas newtonianas de la gravedad y fue positivamente sostenida por algunos pocos científicos franceses y por cartesianos, para quienes esta idea no resultaba inconsistente con sus principios. La mayoría de los químicos prefirió dejar el problema del peso de lado; este parecía ser un signo más de que el peso y la masa eran conceptos para la física más que para la química y por eso, posiblemente, eran irrelevantes para dar respuesta a cuestiones acerca de la constitución o el cambio químicos. Algunos otros tomaron posiciones más fuertes rechazando la necesidad de que el flogisto debiera ser embotellado como podía serlo el aire, como es el caso de Watson (1781). En un tono similar, hacia 1760 Gabriel Venel (1723-1775) propuso específicamente que el flogisto no era atraído hacia el centro de la tierra sino que tendía a elevarse; el flogisto era una sustancia "anti-gravedad" y de ello provenía el aumento de peso en la formación de residuos metálicos (calcinados) y su disminución en la reducción (transformación de la cal a metal). Venel era un químico práctico y, como tal, estaba interesado en el 'know-how' más que en teorías abstractas, llegando incluso a negar la relevancia ganada por las ideas de Newton. La tarea del químico, según Venel, consistía en conocer las propiedades de las diferentes sustancias y cómo combinar esos principios para obtener nuevas sustancias con

determinada conjunción de propiedades. A pesar (y a causa) de su origen ancestral, la idea de principios era eminentemente práctica.

Otro problema que debió enfrentar la teoría del flogisto fue la gran variedad de gases con diferentes y complejas propiedades que fueron descubriéndose durante el siglo XVIII a partir del desarrollo de la bomba neumática (próximo apartado). Durante mucho tiempo se creyó que el aire era el único tipo de gas y no se suponía que tuviera propiedades químicas. La teoría del flogisto hablaba de sustancias sólidas constituidas por principios. Los gases, cuya naturaleza material estuvo en discusión durante algún tiempo, trascendía los límites de la teoría y ésta resultaba incapaz de dar cuenta de los resultados de la experimentación con estas entidades.

#### **1.4- La química del siglo XVIII: otros aspectos de su desarrollo<sup>4</sup>**

A medida que progresaba el estudio de las sustancias químicas gracias al avance de la química analítica por el uso de métodos por vía húmeda y el perfeccionamiento del soplete, los químicos observaron que ciertas sustancias se combinaban más fácilmente, o tenían mayor afinidad, con ciertas otras. Como resultado, se elaboraron tablas muy completas de afinidades relativas entre diferentes sustancias químicas. El uso de estas tablas hizo posible predecir el resultado de reacciones químicas antes de llevarlas a cabo en el laboratorio. Esto llevó, a su vez, al descubrimiento de nuevos metales (zinc, bismuto, cobalto, níquel, platino) y sus compuestos y reacciones.

---

<sup>4</sup> En "The Architecture of Matter", Toulmin y Goodfield, 1962 [5], "Notes on phlogiston theory", Mason [6], "Lavoisier", Halperin Donghi, 1967 [7].

Paralelamente comenzaron a desarrollarse métodos analíticos cuali y cuantitativos para el estudio de las reacciones químicas.

Sin embargo, y pese a sus notorios avances, la situación de la química era muy diferente a la de su pariente más cercana, la física. En la primera mitad del siglo XVIII las ideas newtonianas conducían a desarrollos cada vez más satisfactorios tanto en física y en su especialidad astronómica, logrando explicar los fenómenos naturales en términos mecánicos. Por el contrario, el estado de la química era aún bastante caótico como para que se integrara en un programa de esa naturaleza, ya que:

- no disponía de metodologías claras.
- las aplicaciones medicinales seguían influyendo en gran medida los trabajos químicos.
- la nomenclatura, heredada de la alquimia, era totalmente asistemática.
- para ese entonces aún no estaba claro si la cantidad de materia debía o no conservarse durante las transformaciones químicas.

En la "Enciclopedia", el importantísimo testimonio del pensamiento de la Ilustración aparecido entre 1751 y 1780, Venel escribe un artículo sobre química en el que presenta una visión muy pesimista del estado contemporáneo de esa ciencia. Afirma que, a pesar de la pretensión de la universalidad de los conocimientos que dominaba entonces, todavía los químicos formaban un pueblo diferente, muy poco numeroso, con su lengua, sus leyes y sus misterios.

Por otra parte, en la medida en que se suponía que los gases jugaban un rol meramente físico, no se reconocía por completo el alcance de la química. El estudio químico de los gases, genéricamente llamados "aires", adquirió importancia luego del desarrollo de la bomba neumática por el fisiólogo británico Hales (1677-1761), usada para recoger sobre agua y medir el volumen de gases desprendidos por el calentamiento de sólidos. Este dispositivo permitió un gran avance en el estudio de gases no contaminados por aire lo cual llevó a un mayor nivel de comprensión de su comportamiento. Hales reportó experimentos con aire y fluidos eliminados y absorbidos por animales, vegetales y minerales, ya sea naturalmente o por calentamiento, y encontró que las propiedades de lo que recogía en cada caso variaba, si bien obedecía siempre la ley de Boyle. Esto lo convenció de que los aires contenían en su mayor parte un elemento común, que podía existir en estado "fijo" o "elástico" y al que llamó "aire permanente verdadero". A pesar de sus descubrimientos, Hales no reconoció que los aires o gases tuvieran propiedades químicas tan variadas como los sólidos y los líquidos. Sin embargo, preparó el terreno para los futuros experimentos que llevarían a esa conclusión.

Los estudios de Black en Edimburgo publicados en 1756 sobre el estudio de las reacciones de carbonatos de magnesio y calcio fueron los iniciadores de la idea de que los gases también tenían propiedades químicas. Cuando estos compuestos eran calentados, producían un gas y dejaban un residuo que podía regenerar la sustancia original con el agregado de álcali (carbonato de sodio). El gas, que llamó "aire fijo", era lo que actualmente se conoce como dióxido de carbono y Black descubrió que tenía propiedades químicas muy diferentes a las del aire. En la década siguiente el

físico británico Cavendish aisló el “aire inflamable” (el hidrógeno actual) e introdujo el uso de mercurio en lugar de agua para recoger los gases, lo que permitió aislar gases solubles en agua. Usando esta variante, el químico y teólogo Priestley recogió y estudió una docena de gases durante los '70, conocidos en la actualidad como ácido clorhídrico gaseoso, óxido nitroso, óxido nítrico, nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, entre otros. Su descubrimiento más importante fue el del gas que conocemos actualmente como oxígeno<sup>5</sup>. Rápidamente se dio cuenta que la sustancia que había aislado era componente del aire ordinario, responsable de la combustión y de posibilidad de respirar de los animales. Él razonó que las sustancias combustibles se quemaban o los metales formaban calcinados más rápidamente porque ese gas carecía de flogisto, por lo que lo nombró como “aire deflogistizado”. Así, el gas aceptaba el flogisto presente en la sustancia combustible o en el metal más rápidamente de lo que lo hacía el aire ordinario, el cual ya estaba parcialmente lleno de flogisto. Sin embargo, cuando este aire estaba confinado en un determinado espacio, su capacidad de aceptar flogisto era limitada porque se saturaba y de este modo la combustión no podía proseguir; esto explicaba también porqué una llama se extinguía en un ámbito cerrado. Carl Scheele (1742-1786) descubrió que el aire atmosférico no es una sustancia elemental sino una mezcla de dos componentes gaseosos: “aire de fuego” (el actual oxígeno) y “aire viciado” (también llamado “mefítico” o “flo-

---

<sup>5</sup> Respecto al descubrimiento del gas que actualmente conocemos como oxígeno existe una disputa de prioridades que incluye a Scheele, Priestley y Lavoisier. La posición de los historiadores al respecto no es unánime: en “The Architecture...” [5] Toulmin menciona a los tres científicos mientras que Mason en “Notes on the...” [6] lo atribuye a Priestley. En “La tensión esencial” [8], Kuhn hace un análisis muy detallado respecto a los acontecimientos ligados al descubrimiento del oxígeno, negando que pueda atribuirse sólo a Priestley o a Lavoisier, ni que pueda indicarse una fecha exacta en que tal hecho ocurrió.

gustizado” y que conocemos hoy como nitrógeno) en una relación de volumen 1:3. Hacia 1780 pocos científicos dudaban de que los gases, una clase particular de incorpóreos, fuesen sustancias materiales, cada uno con sus propiedades distintivas, y que tomaban parte en las reacciones al igual que los líquidos y los sólidos. De esta manera podía distinguírseles de otros incorpóreos como la gravedad y el alma humana.

El fuego y el calor eran también materia de conflicto por su naturaleza incorpórea. Black realizó las primeras distinciones que ayudaron a comprender esta clase de sustancias. Creó los métodos calorimétricos y con ellos pudo establecer claras diferencias entre el “calor sensible” o “temperatura” de un cuerpo y la “cantidad de calor” que contiene. Demostró también que los cuerpos de diferentes tamaños, estados de agregación y materiales intercambian calor de acuerdo a leyes numéricas definidas (proporcionalidades simples) y definió para cada sustancia su “capacidad calorífica específica”. Sin embargo, quedaba aún la duda fundamental: si era o no el calor una forma de materia. Algunos seguían las ideas newtonianas considerándolo como una especie de movimiento mientras que otros, como Boerhaave (1668-1738) y Black lo consideraban como una especie particular de sustancia material, tan particular que tenía el poder de penetrar cualquier cosa (requiriendo un cierto tiempo para que los “átomos del fuego” se introdujeran en el material), y no podía ser aislado.

## 1.5- Revolución química:

### El ataque a la teoría del flogisto y el nacimiento de la química moderna

#### 1.5.1- Antoine Lavoisier<sup>6</sup>

Antoine Laurent Lavoisier, considerado como el padre de la química moderna, nació el 26 de agosto de 1734 en París y fue asesinado en la guillotina el 8 de mayo de 1794. Miembro de una familia acomodada, recibió una excelente educación y luego de infructuosas incursiones por otras disciplinas se dedicó hasta el final de sus días a la química. Fue un profesional de ideas y política liberal, que jugó un papel menor en la vida pública durante los últimos años de la monarquía tradicional francesa. Heredó una modesta fortuna y la invirtió en la 'Ferme Général' a fin de ganar dinero para sus investigaciones, una sociedad privada, de las más odiadas, comprometida con el gobierno francés a un precio fijo para recolectar impuestos; cualquier excedente quedaba de ganancia para la sociedad. Desde 1775 administró el arsenal, donde fue responsable de supervisar la manufactura de pólvora y otros explosivos. En esta posición pudo construir y equipar su propio laboratorio el cual se convirtió en uno de los centros de discusión científica más importantes. En la Revolución Francesa de 1789 sus simpatías estaban del lado de la reforma y pudo mantener su posición en el arsenal. Pero una vez que la revolución llegó a su fase extremista, y dado que los recaudadores de impuestos eran especialmente odiados, fue guillotinado.

---

<sup>6</sup> En "The Architecture of Matter", Toulmin y Goodfield, 1962 [5], "Lavoisier", Halperin Donghi, 1967 [7], "Enciclopedia biográfica...", Asimov, 1982 [9], "Lavoisier: la madurez...", Boido, 1989 [10].

### 1.5.2- La estructuración de la química<sup>7</sup>

Se ha presentado la situación de la química en el período en que Lavoisier comienza su tarea en esta disciplina. Por esa época, una gran cantidad de hechos clamaban por una reinterpretación más simple que a su vez los sistematizara. Lavoisier estaba particularmente equipado para la tarea que la historia le presentó. Recibió una educación científica en las ideas newtonianas y a través de su trabajo continuamente trasladó los métodos de la física al tratamiento de los problemas químicos. A su vez, era un químico práctico y, como francés, heredero de la tradición de Venel. Pero mientras Venel consideraba a la teoría de los principios y a la de los átomos como opuestas, Lavoisier pensó que podían ser reconciliadas mostrando cómo la experiencia práctica química de las sustancias y reacciones podía ser explicada, a un nivel más fundamental, en términos de ideas y principios físicos.

Pero antes de que la química estuviera en condiciones de unirse con la física, era necesario ordenarla taxonómicamente y Lavoisier comenzó con esta tarea. Los químicos prácticos, como ya se ha mencionado, habían descubierto y estudiado una gran cantidad de sustancias y procesos. Por otro lado, los químicos más teóricos no lograban avanzar con la rapidez de los descubrimientos y veían esta riqueza como un gran caos de hechos difíciles de relacionar. El carácter asistemático de la situación se traslucía en la nomenclatura: "aire inflamable ligero", "aire nitro deflogistiza-

---

<sup>7</sup> En "The Architecture of Matter", Toulmin y Goodfield, 1962 [5], "Lavoisier", Halperin Donghi, 1967 [7], "Enciclopedia biográfica...", Asimov, 1982 [9], "Lavoisier: la madurez...", Boido, 1989 [10].

do”, “manteca de arsénico”, “flores de zinc”, pueden servir de ejemplo. Los nombres no revelaban gran cosa respecto a la composición y relaciones y en muchos casos eran bastante confusos. Peor aún, no había un criterio satisfactorio para reconocer las sustancias materiales genuinas como tal, es decir, simples o indivisibles, de los compuestos o mezclas.

Así, Lavoisier se embarcó hacia 1773, y en colaboración con Berthollet (1748-1822), Fourcroy (1755-1809) y Guyton de Morveau (1737-1816), en la tarea de producir un nuevo sistema de nomenclatura química. Un proyecto de esta índole era considerado filosófico, pero afortunadamente, además de sus conocimientos científicos, poseía una formación en leyes y filosofía que le permitieron abordar la tarea. La meta era reformar el vocabulario de los términos químicos de tal forma de poner las ideas en concordancia con las cosas, tomando como lema: “El arte de razonar no es nada más que lenguaje bien ordenado”.

Sin embargo, a medida que Lavoisier iba avanzando en su labor encontró que la tarea se ramificaba cada vez más. Sólo podía reformarse la terminología de la química al costo de reformar, además, su teoría. Cualquier nueva nomenclatura sólo puede construirse si antes han sido establecidos los criterios para reconocer *sustancias* y *elementos*. Así, antes de poder culminar el proyecto de idear una nueva nomenclatura Lavoisier se vio obligado a repensar las teorías detrás de todas sus ideas químicas. Se embarcó en su reconstrucción de la química con dos compromisos intelectuales, que guiaron su reforma de la nomenclatura y la teoría químicas:

- 1) un axioma físico-filosófico, por el cual tanto en un proceso natural como en uno artificial, nada se crea ni se destruye.

- 2) un principio taxonómico, según el cual las sustancias químicas forman un orden natural, similar al orden natural de los seres vivos.

La idea de *conservación* tiene sus orígenes en los primeros filósofos griegos (siglo V A.C., Anaxágoras) pero nadie había tenido éxito en aplicar esta doctrina para explicar los cambios físico-químicos cuantitativa y consistentemente. Y la razón de esto es que aún no estaba claro qué es lo que debía conservarse en una reacción química ni tampoco cómo medir la "cantidad de materia". Es decir, a través de qué propiedad del sistema, el volumen, el peso, la masa? Sin determinar esto antes no podía establecerse empíricamente que la materia, de hecho, se conserva. En este punto, el problema de los entes incorpóreos presentó un serio obstáculo dado que surgió la pregunta de si deben contabilizarse el calor, la luz, la electricidad, el aire, etc. en el balance de los ingredientes iniciales y los productos finales del cambio; eso estaba aún sin resolverse. El círculo vicioso en el que se encontraban los químicos de ese momento era difícil de romper.

Lavoisier se liberó de este círculo tomando una decisión práctica y dejando de lado las cuestiones teóricas. Newton había demostrado que la masa de un sistema material aislado debía permanecer constante durante las transformaciones mecánicas y Lavoisier extendió el enunciado a los cambios químicos. Así, la conservación de la masa se transformó en un axioma considerando que todo lo que se conservaba de manera observable y medible era *material*; es decir, lo que en la práctica, en un análisis de laboratorio, se conservaba, era considerado material. Paralelamente, reconoció la necesidad de incluir a los gases en el cómputo de las masas. Lavoisier,

como físico, estuvo tentado de considerar la constancia de la masa como la mejor evidencia de conservación. Sin embargo, esto no se aplicaba a casos como el del calor, que no poseía masa pero al que consideraba una forma genuina de materia (el “calórico”).

Según el axioma taxonómico, las *sustancias*, compuestas por otras extremadamente simples o *elementos*, se organizarían en jerarquías de complejidad creciente. Esta suposición también era de origen presocrático y fue la base de la teoría de los cuatro elementos de Aristóteles. Para definir las “sustancias simples” (elementos), Lavoisier procedió de una manera similar a la anterior, empleando un criterio práctico, estableciendo que son simples las sustancias que no han podido ser subdivididas en el laboratorio:

“(…) si entendemos por elementos las partículas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que no logremos saber nada acerca de ellos, mientras que si asignamos a la denominación de elementos o *principios de las sustancias* el concepto de límite extremo que puede alcanzar el análisis, lo serán todas las sustancias que hasta el presente no se han podido descomponer por ningún medio. Ello no significa que podamos asegurar que tales cuerpos a los que consideramos como simples, no estén compuestos por dos y aún más elementos sino que ya que esos principios no se separan jamás, o mejor dicho, no poseemos manera alguna de separarlos, se comportan ante nosotros como sustancias simples, y no debemos considerarlos compuestos hasta el momento que la experiencia y la observación nos lo prueben así.”

Lavoisier, Discurso preliminar al “Tratado elemental de Química” (en [7], pág. 95).

Aplicando este criterio Lavoisier reunió una primera lista de sustancias simples las cuales incluían, entre otras, los siete metales tradicionales, azufre y bismuto, calórico y luz. Clasificó a los gases recientemente descubiertos como sustancias compuestas dado que, según Lavoisier, su propia naturaleza gaseosa los hacía compuestos: un sólido se convierte en líquido y este, a su vez, en un gas, como resultado de que el calórico (la materia del calor) se combina con alguna otro material base. Por ejemplo, el "gas oxígeno" (que hoy conocemos simplemente como oxígeno) era un compuesto de calórico latente con un principio o base "oxigénico". Es por eso que su lista de sustancias simples incluía no los gases que hoy llamamos "oxígeno", "hidrógeno", etc., sino las *bases* con las que se combinaba el calórico para dar origen a esos gases.

Una vez que se definió *operativamente* lo que son las sustancias compuestas y los elementos, Lavoisier se embarcó en su interés central, el de reordenar la clasificación de las sustancias químicas sobre principios sistemáticos. Pretendía una clasificación natural, en el sentido de que podrían definirse géneros y especies en función de las sustancias elementales de las que estaban compuestas; esta composición se manifestaría en las propiedades observables de la sustancia. El vocabulario tradicional de los principios se perpetuó en el nuevo sistema de Lavoisier. La sustancia simple por la que se definía el género y la especie era la *portadora* de las propiedades por la cual esa clase era reconocida en la práctica. Por ejemplo, para el caso de la constitución de los ácidos, éstos se consideraban como compuestos de dos sustancias simples: la acidez o principio acidificante (*oxy-gen*), común a todas los ácidos, y del cual se tomaba el nombre de la clase o género, y otra peculiar de cada ácido (por

ejemplo, carbono o azufre), que lo distinguía del resto de los ácidos y de la que derivaba el nombre de la especie. Por ejemplo, "ácido carbónico" era un nombre adecuado porque reflejaba los elementos que lo forman: el principio acidificante oxígeno y la base carbono. Habiendo establecido estos principios Lavoisier se abocó a estudiar el conjunto completo de sustancias entonces conocidas para analizarlas, sintetizarlas, distinguir las, compararlas y, lo más importantes, identificar los principios constituyentes a partir de cuyas permutaciones y combinaciones se obtenían: acidificante, acidificable, salificante, salificable, calórico, etc.

Junto con las sustancias químicas, Lavoisier clarificó las ideas acerca de los procesos químicos. Las sustancias simples eran aquéllas que se conservaban durante los cambios físicos y químicos y que no podían ser divididas por ningún medio. Los compuestos eran formados por la unión de sustancias simples artificial o naturalmente, y podían ser disociados para obtener los ingredientes originales. En la formación y disociación de las sustancias compuestas, tanto la cantidad de materia (que Newton llamó "masa") como la de calor (que Lavoisier llamó "calórico") quedaban inalteradas. Los procesos naturales podían ser de tres tipos:

- 1) cambios puramente físicos: en la forma, tamaño y movimiento de los sólidos, la presión de los gases, etc.
- 2) reacciones puramente químicas: involucrando la combinación o separación de sustancias materiales para formar nuevas sustancias con nuevas propiedades.
- 3) cambios de estado: entre sólido, líquido y gas, los cuales resultaban de la combinación de calórico con el material base.

### 1.5.3- La teoría de la combustión: oxígeno vs. flogisto<sup>8</sup>

Como primer resultado del trabajo de Lavoisier, las ideas y vocabulario químicos adquirieron un orden y un método completamente nuevo. Pero estas modificaciones debían demostrar sus méritos; por sí mismo, lo que dice un lenguaje no es ni verdadero ni falso. El sistema de Lavoisier introdujo claridad y precisión en las ideas acerca del cambio químico, pero para que sus colegas lo aceptaran debía convencerlos también de que estas ideas claras y precisas se ajustaban al mundo natural. Y la historia le dio a Lavoisier esa oportunidad.

Durante los estudios experimentales en los que se basaba su nueva clasificación, Lavoisier prestó atención a un grupo de procesos, en particular, la combustión, calcinación y respiración que eran motivo de debate desde 1760 y que la teoría del flogisto pretendía explicar. En la medida que Lavoisier fue avanzando encontró que las ideas acerca de estos procesos, basadas en la doctrina del flogisto, debían ser revisadas antes de que estos procesos tuvieran un lugar seguro dentro de su nuevo sistema teórico. Y durante los veinte años que siguieron a la publicación de sus ideas la decisión de otros químicos de adoptar o rechazar la nueva nomenclatura dependió, antes que todo, de si aceptaban el nuevo análisis de Lavoisier sobre la combustión y la calcinación o se mantenían en las explicaciones tradicionales.

Luego de unos cuantos años de aceptar la teoría del flogisto, Lavoisier llevó a cabo algunos experimentos sobre la parte "eminente respirable" del aire (lo que hoy llamamos oxígeno). Los resultados de estos experimentos lo llevaron a reempla-

---

<sup>8</sup> En "The Architecture of Matter", Toulmin and Goodfield, 1967 [6] y "Lavoisier: la madurez...", Boido, 1989 [10].

zar el análisis de Stahl por su propia hipótesis, en la cual la pérdida de flogisto era reinterpretada como la ganancia de oxígeno. El experimento que resultó más revelador, realizado en abril de 1776, fue un refinamiento de uno que Priestley le describió en una visita a París en 1774:

- 1) colocó un balón de vidrio con un cuello tipo S dentro de un horno.
- 2) introdujo el extremo abierto del balón en una campana colocada sobre un baño de mercurio.
- 3) colocó una cantidad precisa de mercurio (4 onzas<sup>9</sup>) en el balón.
- 4) registró la presión, la temperatura y el volumen total de aire en el balón y la campana (45 pulgadas cúbicas<sup>10</sup>).
- 5) encendió el fuego (del horno) y lo dejó durante 12 días, manteniendo siempre el baño casi en su punto de ebullición.

Al segundo día de iniciado el experimento observó pequeñas partículas rojas sobre la superficie del mercurio el cual, durante los cuatro o cinco días subsiguientes, gradualmente se incrementaron en tamaño y número. Luego, cesó el aumento en todos los aspectos y al final de los doce días, viendo que la calcinación del mercurio ya no se proseguía más, apagó el fuego y dejó enfriar los recipientes. Pasaron dos cosas, presumiblemente relacionadas: se formaron partículas rojas sobre el mercurio y al mismo tiempo el contenido total de aire disminuyó. Separando las partículas rojas del mercurio confirmó que consistían en un calcinado rojo de mercurio como Priestley le

---

<sup>9</sup> 1 onza equivale a 28,35 gramos.

<sup>10</sup> 1 pulgada cúbica equivale a 16,387 centímetros cúbicos.

había dicho, y cuando las pesó en una delicada balanza su cantidad resultó mayor (45 granos<sup>11</sup>) que la de mercurio original. Lavoisier determinó que el aire perdió cerca de 1/6 de su volumen durante el curso del experimento; además, el aire que había quedado en la campana era meffítico. En él no podía producirse ni la respiración ni la combustión, los animales introducidos en él se sofocaban en pocos segundos y cuando se colocaba en él una vela, ésta se extinguía como si hubiera sido sumergida en agua. El efecto que había tenido la calcinación del mercurio sobre el aire era el mismo que se producía cuando se encerraba una vela o un animal en una campana: una vez que el volumen de aire se había reducido casi en 1/6 de su volumen, la vela o el animal se ahogaban.

Luego, Lavoisier calentó 45 granos del calcinado rojo en una pequeña retorta a una temperatura mucho mayor, condición en la cual el proceso se invertía, utilizando un dispositivo que permitía recibir y extraer cualquier producto líquido o gaseoso. Cuando la retorta estuvo al rojo, la masa de materia roja comenzó a disminuir y a los pocos minutos había desaparecido completamente. Al mismo tiempo, colectó 41,5 granos de mercurio en un recipiente y entre 7 y 8 pulgadas cúbicas de un fluido elástico en una campana. Lavoisier descubrió que el gas producido por la conversión del calcinado rojo en mercurio tenía mayor capacidad para sostener la combustión y la respiración que el aire atmosférico y en todos los demás aspectos era idéntico al aire que previamente Priestley y Scheele habían estudiado.

---

<sup>11</sup> 1 grano equivale a 0,0648 gramos.

Lavoisier, teniendo en mente la conservación de la masa, estableció dos conclusiones de su doble experimento:

- 1) la conversión del calcinado en mercurio estaba acompañada por la producción de aire respirable en una cantidad que coincide con la pérdida de volumen cuando el mercurio originalmente se transforma en el calcinado. Así, la cal (45 granos) se formaría presumiblemente como resultado de la unión del mercurio (41 granos) con el aire respirable (3,5 granos) de la campana y no por la pérdida de flogisto ni de ninguna otra cosa.
- 2) la calcinación evidentemente se detiene en determinado momento porque la porción respirable del aire de la campana se ha utilizado totalmente, dejando un aire diferente con propiedades químicas distintas.

A partir de esta segunda conclusión Lavoisier dedujo que el aire atmosférico estaba compuesto por dos fluidos elásticos de cualidades diferentes y opuestas, dando como prueba que si se combinaban en cierta proporción aire meffítico (nitrógeno actual) y aire respirable (lo que hoy es oxígeno), se reproducía un aire muy similar al atmosférico, teniendo el mismo poder de producir la respiración y la combustión y colaborar en la calcinación de metales. Contrariamente, Boyle consideraba al aire como una mezcla muy compleja. Lavoisier logró demostrar que ninguna de las dos posiciones era correcta.

Puede parecer entonces que con estos experimentos y deducciones de Lavoisier se destruía de una sola vez la base completa que sustentaba a la teoría del flogisto. Sin embargo, mientras que los científicos más cercanos a Lavoisier aceptaron sus

ideas, muchos otros químicos del siglo XVII no se convencieron fácilmente y esto debido a que “veían” los hechos de forma diferente, desde otro marco teórico. Por ejemplo, Priestley admitió que los argumentos de Lavoisier eran muy atractivos y por un tiempo estuvo inclinado a aceptarlos. Sin embargo, posteriormente retornó a la teoría del flogisto. En 1783 diseñó un experimento rival que parecía sustentar a esta teoría mucho más fuertemente de lo que la calcinación de mercurio daba apoyo a la de Lavoisier:

- 1) colocó en un crisol una cantidad de calcinado de plomo.
- 2) extrajo todo el aire y puso el crisol sobre un soporte adecuado.
- 3) introdujo el crisol en un gran recipiente lleno con aire inflamable sobre agua.
- 4) calentó el crisol mediante un espejo ustorio.

Tan pronto como el calcinado se secó por medio del calor entregado, se observó que se volvió negro y luego se convirtió en plomo, al mismo tiempo que el aire inflamable disminuía a gran velocidad, ascendiendo el agua dentro del recipiente. Según la interpretación de Priestley, dado que el metal era realmente restablecido en gran cantidad y que, al mismo tiempo, el aire disminuía (el agua ascendía), el calcinado debía extraer algo del aire y de sus efectos se transformaba en metal; tal cosa no era otra que flogisto. Desde el punto de vista lógico, la conclusión de Priestley no tiene objeciones y su demostración parecía aún más convincente que la de Lavoisier ya que en su experimento todo el hidrógeno del contenedor desaparecía cuando el calcinado se convertía en plomo metálico, pero sólo 1/6 del volumen se perdía cuando el mercurio pasaba a formar su calcinado.

Desafortunadamente Priestley encerró el hidrógeno sobre agua y, según podríamos interpretar hoy en día, a alta temperatura el calcinado liberó oxígeno, el cual se combinó con el hidrógeno produciendo una pequeña cantidad de agua extra. Si bien en ese momento Priestley no registró ese aumento en la cantidad de agua, atribuyendo las variaciones observadas a intercambios de flogisto, lo hizo dos años más tarde y aún así persistió en su punto de vista argumentando que el agua extra sólo era un subproducto de la reacción. Sobre la base de la teoría del flogisto a través de la cual Priestley “veía” los datos de la experiencia, sus conclusiones eran tanto lógicas como empíricamente válidas. Sin embargo, el éxito de Lavoisier no se limita al resultado de este experimento rival sino que tuvo un alcance mucho mayor: el reordenamiento de la teoría química, el carácter sistemático de su teoría y su poder de abarcar más y más reacciones químicas con la cantidad mínima de suposiciones fueron logros muy importantes que le dieron crédito entre sus colegas. La teoría del flogisto, por el contrario, se mostraba arbitraria y asistemática, teniendo que ser retocada y ajustada de nuevo para concordar con cada nuevo fenómeno, y esto era un signo de algo no estaba bien en sus principios. En verdad, la crítica fundamental de Lavoisier a la teoría del flogisto no era que fuera una interpretación distorsionada de la naturaleza sino que no era capaz de dar ninguna representación clara de la misma. Su noción central era demasiado vaga y permitía explicar demasiado. El flogisto no se había definido estrictamente y se acomodaba a cualquier explicación dentro de la cual se lo presionara y había sido extendido para explicar tal rango de fenómenos que su poder explicativo se había vuelto nulo.

La nueva teoría de Lavoisier orientó las investigaciones de nuevos elementos. Para la teoría del flogisto, los calcinados eran sustancias elementales pues originaban metales al incorporar flogisto, mientras que, según los descubrimientos de Lavoisier en realidad desprendían oxígeno y, por lo tanto, el metal debía ser, al menos, más elemental. Por otra parte, los científicos partidarios de la teoría del flogisto sólo habían logrado asilar y estudiar algunos gases, sin que desempeñaran ningún papel significativo en sus explicaciones. Sin embargo, Lavoisier les otorgó un sentido decisivo, en particular, al oxígeno, que reemplazó al flogisto en la interpretación de la combustión, calcinación y respiración. En particular, esta última se consideraba como una combustión lenta durante la cual el oxígeno aspirado se "quemaba" en el organismo con la producción de dióxido de carbono, paso inicial para la comprensión del llamado "ciclo del carbono" en los seres vivos.

Hacia 1783, el enfoque conceptual de Lavoisier rindió nuevos frutos cuando Cavendish descubrió que cuando ardía aire inflamable en un frasco cerrado se formaban gotas de agua en sus paredes. La teoría de Lavoisier permitía dar una explicación correcta: el gas inflamable se combina con el oxígeno y dan agua, con lo cual ésta deja de ser elemental. El hidrógeno, por su parte, se incorpora a la lista de elementos junto con los metales, el oxígeno y el nitrógeno.

Lavoisier dio a conocer sus ideas en numerosas memorias presentadas a la Academia de Ciencias Francesa y en algunos libros, entre ellos, "Métodos de nomenclatura química" (1787) y "Tratado elemental de Química" (1789). El primero establece las normas utilizadas para nombrar compuestos y el segundo, que representa el

primer texto de química moderna, fue concebido no tanto para difundir sus ideas sino como proyecto pedagógico.

A lo largo del tiempo, fue notable la acumulación de éxitos que produjo el nuevo sistema, brindando a los químicos tanto los medios para descifrar la constitución química y las reacciones químicas como el vocabulario para describirlos. Fue Lavoisier quien puso las preguntas de la física en el mismo centro de la química, demostrando que las ideas newtonianas de masa, como una medida de la cantidad de materia, podían tener la misma importancia fundamental para la teoría química como la que había tenido para la astronomía y la dinámica. A partir de ese momento quedaba la enorme tarea de investigar las leyes cualitativas que regían las combinaciones químicas. La etapa siguiente debía ser la interpretación teórica de estas leyes en términos de la estructura de la materia, paso que dio John Dalton (1766-1844), un newtoniano, entre 1803 y 1808.

## II. ANALISIS EPISTEMOLOGICO

Los procesos ocurridos en el siglo XVIII, descritos anteriormente, cuyo protagonista es Lavoisier, marcan una instancia fundamental en el desarrollo de la química, constituyéndose en centro de interés para la consideración epistemológica. En este bloque se presentan las versiones de **Thomas S. Kuhn**, **Imre Lakatos** y **Philip Kitcher**, implementándose el análisis correspondiente a cada una de sus propuestas epistemológicas. No se pretende realizar críticas ni defensas a estas posiciones epistemológicas sino simplemente determinar si el desarrollo de acontecimientos tan importantes para el desarrollo de la química moderna como se los describe en el primer bloque, cumple con las pautas que cada autor le atribuye a dichos procesos. Sin embargo, en el último capítulo de Consideraciones Finales se analiza la adecuación de las tesis de los autores respecto a varios temas centrales.

Las posiciones de estos epistemólogos contemporáneos pertenecen a lo que se denomina "concepciones no estándares de la ciencia", que ofrecen visiones de la ciencia diferentes a otros autores como la escuela de Berlín, los integrantes del Círculo de Viena, Popper, que constituyen lo que se ha dado en llamar "la concepción estándar del conocimiento científico". El último grupo se identifica con las versiones más tradicionales de la ciencia, que hacen hincapié en ciertos aspectos relacionados al conocimiento científico: estructura y contenido, método, criterio de demarcación, objetivos y progreso. El concepto de teoría científica y su análisis lógico-lingüístico juega en esta perspectiva un papel fundamental. A partir de la crítica a estas concepciones, surgen nuevas teorías epistemológicas que, si bien no llegan a constituir una posición unificada que pudiera oponerse de manera frontal a las tradicionales, tienen en común un cambio en los tópicos de interés.

La concepción no estándar de la ciencia se diferencia de las epistemologías tradicionales en los siguientes puntos:

- **unidad de análisis:** la teoría científica deja su lugar a unidades más amplias en composición y en extensión temporal, tal como el *paradigma* para Kuhn, el *programa de investigación* para Lakatos y la *práctica científica* para Kitcher.
- **supuestos fundamentales:** se eliminan algunas presuposiciones claves para la concepción estándar como (en alguno de ellos) la distinción teoría-hecho, la distinción de los contextos de descubrimiento y justificación, la necesidad de un análisis predominantemente lógico.
- **sujeto cognoscente:** pasa a tener un rol fundamental del que carecía en la concepción tradicional.
- **supuestos extracientíficos:** no considerados en el análisis epistemológico estándar, adquieren ahora una relevancia particular en todos los nuevos enfoques.
- **valores:** al igual que en el caso anterior, su incidencia en la actividad científica es reconsiderada en las nuevas epistemologías.
- **racionalidad científica:** cada una de las posiciones no estándares de la ciencia elabora nuevas caracterizaciones de la racionalidad científica.
- **progreso científico:** aunque se mantiene en igualdad de importancia, adquiere notas diferentes en cada caso.

T. S. Kuhn (1922-1996), físico teórico e historiador y filósofo de la ciencia norteamericano, es uno de los primeros nombres vinculado a estas nuevas concepciones epistemológicas a partir de la publicación en 1962 de su obra "La estructura de las

revoluciones científicas". Como historiador de la ciencia, consideraba que los hechos sucedidos en los períodos más característicos del desarrollo de la ciencia no parecían responder exactamente a las descripciones que de ellos realizaban los epistemólogos tradicionales. Kuhn produce un cambio en la orientación de la epistemología, desde el logicismo a la dimensión histórica; en sus obras resulta un equilibrio bien logrado entre el filósofo y el historiador. Kuhn defiende que en la investigación científica cumplen un papel importante los *paradigmas*, considerados como realizaciones universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan elementos (problemas, reglas metodológicas, soluciones, etc.) que guían la actividad científica.

I. Lakatos (1922-1974), de origen húngaro, fue discípulo de Popper; construye su teoría basado parcialmente en las ideas popperianas, aunque también reconoce la influencia de otros autores (Kuhn, por ejemplo) que argumentaron en contra de las tesis de Popper. En sus obras, Lakatos comienza con una crítica al programa de Popper y se propone corregir las insuficiencias de su falsacionismo, adoptando una posición más tolerante; ello significa que aplaza el abandono de una teoría ("teoría" en el sentido popperiano, que él denomina, con otro contenido "programa de investigación científica") hasta después de haber evaluado varios factores. Su posición, bautizada como "falsacionismo sofisticado" permite, a su criterio, comprender el carácter racional de la investigación científica. Lakatos propone como unidad de análisis un conjunto multidimensional que da cuenta adecuadamente del desarrollo de la ciencia: el "programa de investigación". Un rasgo distintivo del pensamiento de Lakatos es rol

que le confiere a la historia de la ciencia en la evaluación de las diferentes teorías acerca del conocimiento científico.

P. Kitcher (1947), nacido en Londres, reside actualmente en los Estados Unidos. Comenzó sus estudios en matemática y recibió su doctorado en Historia y Filosofía de la Ciencia. En su libro de 1993 "The Advancement of Science" toma a la biología como caso arquetípico y, en particular, el trabajo de Darwin con su teoría del origen de las especies. Observa cómo trabaja Darwin, cuáles son los ingredientes que Darwin considera importantes en su trabajo científico, cuán importantes son las preguntas, el lenguaje, los esquemas explicativos. Luego, usándolo como ejemplo paradigmático de la buena ciencia de fines del siglo XX, generaliza sus ingredientes al trabajo o *práctica* científica. Así, propone las *prácticas individual* y *consensuada* como unidades de análisis, constituidas por varios elementos o dimensiones que pueden ser analizados con cierta independencia, siendo los principales, los *esquemas explicativos*.

Tanto Kuhn como Kitcher emplean en sus obras la transición entre la teoría del flogisto y la de Lavoisier para ejemplificar algunas de sus tesis, como será mencionado oportunamente en los análisis de los Capítulos 2 y 4, a diferencia de Lakatos, quien no utiliza prácticamente ejemplos de la química (Capítulo 3).

**Capítulo 2**

**KUHN: UNA GRAN REVOLUCION CIENTIFICA**

## 2.1– Preciencia, ciencia madura y ciencia normal<sup>1</sup>

Kuhn denomina “**ciencia normal**” a la actividad de investigación basada firmemente en realizaciones científicas pasadas que la comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica. En estos períodos los problemas y métodos legítimos en un campo dado de investigación están definidos a través del paradigma. La tarea del científico durante las etapas de ciencia normal consiste en un intento de obligar a la naturaleza a que se encuadre dentro de los límites preestablecidos y relativamente inflexibles proporcionados por el paradigma. La investigación normal representa al trabajo científico más usual y tiene como tarea la articulación de aquéllos fenómenos y teoría y no intenta provocar nuevos tipos de fenómenos; por el contrario, aquéllos que no encajan en los límites el paradigma generalmente ni siquiera son detectados. Los hombres cuya investigación se basa en paradigmas compartidos están sujetos a las mismas normas y reglas de la práctica científica. Este compromiso es el requisito para la génesis y continuación de una tradición particular de la investigación científica, es decir, para la ciencia normal.

Los libros de texto y otro tipo de publicaciones científicas desempeñan un papel importante durante los períodos de ciencia normal. Por una parte exponen información sobre los problemas, datos y teorías dictados por el paradigma dominante; los libros de ciencia clásicos más famosos incluso sirvieron implícitamente para definir problemas y métodos. Por otra parte, los textos son vehículos pedagógicos usados por los estudiantes de una disciplina, permitiendo perpetuar la ciencia normal. Ade-

---

<sup>1</sup> En “La estructura de las revoluciones científicas”, Kuhn, 1992 [11].

más, el estudiante recibe de sus profesores todo el bagaje contenido en el paradigma dominante en ese período de ciencia normal y así se prepara al para formar parte de la comunidad científica que integrará más tarde. Como sus profesores han aprendido las bases de su campo científico a partir de los mismos modelos concretos que los estudiantes, su práctica futura difícilmente generará desacuerdos sobre los fundamentos de la disciplina.

Sin embargo, no siempre la investigación en un campo disciplinario se produce bajo un caudal común de creencias y procedimientos. Por el contrario, es común que en las primeras etapas de la evolución de una disciplina existan desacuerdos fundamentales entre los que la practican y si bien pueden producirse contribuciones importantes al conocimiento dentro de ese campo, no puede considerarse que sea una disciplina madura. En esta instancia previa al desarrollo de una ciencia bajo su primer paradigma que puede considerarse como un estado de **preciencia**, cada científico, o grupo de científicos con ideas compartidas, construye su propio campo desde los cimientos y elige libremente los métodos y ejemplos que los sustenten. Situaciones semejantes se han producido en los desarrollos históricos de la mayoría de las disciplinas, a excepción de la matemática o la astronomía cuyos primeros paradigmas datan de la prehistoria o de otras disciplinas que se originaron a partir de una ciencia que ya era madura.

La falta de un paradigma o de algún candidato a paradigma en la etapa de preciencia, hace que todos los hechos que pudieran ser pertinentes para el desarrollo de esa ciencia sean igualmente importantes y en consecuencia, la reunión de esos hechos se realiza fortuitamente a través de la observación y la experimentación casual.

Generalmente, el conjunto de hechos resultante es bastante caótico y contiene algunos que serán reveladores en el futuro y otros que serán dejados de lado ya que su complejidad no permite que sean insertados en una teoría.

Es común que en estas primeras etapas del desarrollo de una ciencia diferentes hombres, ante la misma gama de fenómenos, los describan e interpreten de modo diferente. Posteriormente, alguna de estas posiciones empieza a prevalecer sobre las otras escuelas, a causa de sus propias creencias y preconcepciones características, hasta que finalmente triunfa, convirtiéndose en el primer paradigma y logrando la **madurez** de esa disciplina. Las divergencias entre profesionales se diluyen y las escuelas más antiguas van desapareciendo gradualmente debido a la conversión de sus seguidores al nuevo paradigma. Para ser aceptada como paradigma, una teoría debe parecer mejor que sus competidoras, pero no necesita explicar y, en efecto, nunca lo hace, todos los hechos que se puedan confrontar con ella; sólo hace hincapié en alguna parte importante del gran conjunto demasiado grande y confuso de hechos. La tecnología como medio para generar instrumentos cada vez mejores para la adquisición y análisis de hechos, ha desempeñado frecuentemente un papel vital en el surgimiento de nuevas ciencias. La adquisición de un paradigma es un signo de madurez en el desarrollo de cualquier ciencia y una vez que aparece el primero, ya no existirá la investigación en ausencia de paradigmas.

☞ Analicemos, de acuerdo a las definiciones de Kuhn acerca de las etapas de pre-ciencia y ciencia madura, cuál era el estado de la química en la época que estamos considerando. Para esto es necesario establecer, aplicando los criterios de Kuhn, en

qué momento la química se transformó en una ciencia madura. Según el propio Kuhn, antes de Boyle y Boerhaave, la química se encontraba en la “situación de desacuerdos” que caracteriza al estado de preciencia [11]. Entonces, es aproximadamente a mediados del siglo XVII cuando la química se convertiría en una ciencia madura. Kuhn no especifica los motivos por los que toma la intervención de estos dos científicos para marcar la madurez de la química.

Analizando sus biografías, puede especularse acerca de los motivos que llevan a Kuhn a su afirmación. Boyle es considerado a veces como el “padre de la química” [3], e incluso como “el padre de la química moderna” [12], título que otros otorgan a Lavoisier [9]. Entre las razones por las que se lo ubica en esta categoría pueden señalarse [12]:

- es quien plantea la primer discusión de la idea de “elemento”, que realiza en su libro “The sceptical chymist” (1661); la noción es algo vaga y diferente del concepto moderno.
- es el primer científico en publicar sus experimentos con detalles muy elaborados concernientes al procedimiento, aparatos y observaciones.
- rompe con la tradición alquimista del secreto experimental, por su convicción e insistencia en publicar detalles experimentales.
- utiliza por primera vez el término “análisis químico” en un sentido actual.

Respecto al primer ítem Kuhn señala que la atribución del origen del concepto de “elemento químico” a Boyle es errónea ya que su definición de elemento no es origi-

nal [11]. Luego comenta acerca de la función histórica de Boyle, de lo cual puede inferirse la relevancia que le otorga:

“¿Cuál fue entonces la función histórica de Boyle en la parte de su trabajo que incluye la famosa “definición”? Fue el líder de una revolución científica que, mediante el cambio de la relación de ‘elemento’ en la manipulación y la teoría química transformó a la noción en un instrumento diferente del que antes había sido y, en el proceso, modificó a la química y al mundo de los químicos.”

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 222).

Sin embargo, Boyle continuó en la tradición alquimista; sostenía la transmutación de los elementos y creyó estar muy cerca de transformar mercurio en oro. Esto hace cuestionable su papel como “padre de la química”, más aún, de la química moderna.

Respecto a Boerhaave, de quién Kuhn no hace comentarios, su principal campo de acción fue la medicina y se le atribuye su sistematización [3, 13]. Su curiosidad lo llevó a la práctica de la química y más tarde llegó a ser profesor de química desde donde defendió, al igual que Boyle, la comunicabilidad entre los químicos bregando por el abandono del lenguaje de símbolos secretos, frases enigmáticas o inteligibles. Esta puede ser una de las causas que llevan Kuhn a considerarlo como referente para el inicio de la química madura.

Tampoco queda claro por qué Kuhn considera a *ambos* científicos para marcar la transición a la química madura siendo que tenían una diferencia de edad de casi medio siglo; cuando Boerhaave comienza como profesor de química en 1718, Boyle ya había fallecido hacía casi 20 años. Por otra parte, si bien ambos se dedicaron a la

química, sus campos de acción y sus aproximaciones fueron diferentes; Boyle también era físico y Boerhaave se especializaba en la enseñanza de la medicina a la que incorporó la química [3, 12, 13]. Tampoco Kuhn especifica cuáles serían las características principales del primer paradigma que surgiría en la química (teorías, métodos, problemas, etc.). En base a lo expresado, la "fecha de nacimiento" que sugiere Kuhn es discutible.

El origen exclusivamente empírico de la química hace pensar que en sus primeros tiempos, carecía de carácter científico. Es más, la tarea química era fundamentalmente técnica, y su objetivo no era evidentemente interpretar los procesos sino utilizarlos eficientemente en la obtención de ciertos productos. Sin embargo, cuando aparece el interés por la transmutación de los metales, la actividad química adquiere otras características. Por un lado, hay un problema común, transformar los metales en oro, y se comparten métodos, hasta cierto punto. Es más, hacia el siglo XIII comienzan a aparecer teorías específicas que intentan explicar los cambios producidos en las transmutaciones, reemplazando las teorías aristotélicas más generales. En base a esto, podría pensarse en la existencia de un paradigma, aunque algo reducido y rudimentario. Sin embargo, hay algunos aspectos que van en contra de esta hipótesis: el carácter mágico, esotérico y por lo tanto, no-científico de la alquimia, la existencia de más de una teoría para explicar los cambios químicos y la actitud excesivamente celosa de los alquimistas respecto a su trabajo (evidenciado en la intencional oscuridad de sus registros). Esta última característica pone en serias dudas la posibilidad de que estos hombres pudieran compartir más que la meta de conseguir oro. Puesto que esta actitud es contraria a la que predomina en una comunidad cien-

tífica, que da a conocer públicamente los resultados de su actividad (publicaciones, libros, etc.). Pese a no poder considerar a esta etapa de la química como ciencia, es indudable, como lo menciona Kuhn, que se hicieron muy importantes avances y descubrimientos, aún en esta período precientífico.

Posteriormente, durante el siglo XVI, Paracelso y la iatroquímica, imprimen nuevas características a la disciplina. La actividad química refuerza su relación con la medicina, abocando el estudio a reacciones y compuestos químicos con fines curativos (aunque causaron muchas veces los efectos contrarios). Existía, además, una teoría respecto a la composición de los metales por principios propuesta por Paracelso y aceptada por sus seguidores. Incluso se escribió el que se considera el primer texto de química, que condensaba técnicas y sustancias conocidas. Existiendo practicantes de esta disciplina (y en consecuencia, una comunidad científica) que realizan investigaciones sobre problemas definidos, con una teoría aceptada (aunque limitada), métodos y técnicas específicos, e incluso un libro de texto que expone contenidos sobre esa actividad, podría pensarse en la existencia de un paradigma, algo escueto. Que este paradigma, si realmente lo es, pueda considerarse como el primer paradigma de la química puede ponerse en tela de juicio. Dado que se realizaban investigaciones en otros ámbitos, la alquimia por ejemplo, la iatroquímica es sólo como una rama de la química. Extender su paradigma a todos los estudios que en ese momento histórico podían englobarse como químicos no es correcto. Aun cuando la teoría de los principios y parte de los métodos podrían ser generalizables, los problemas no lo eran. Otro punto en contra es el hecho de que en el siglo XVI y parte del XVII, las investigaciones tenían un objetivo externo a la química misma, la obtención de

oro y medicamentos, por ejemplo. El estudio de las reacciones químicas no por su uso en otras áreas sino por su propio interés comenzó avanzado el siglo XVII.

La próxima instancia que puede analizarse para determinar la madurez de la química es aquella en la que se aparece la teoría del flogisto. Para ese entonces las investigaciones en la disciplina habían adquirido mayor independencia respecto de sus aplicaciones. Primero Becher (1669) y luego Stahl (1703), sobre la base de la noción de principios, proponen una teoría que no sólo habla sobre la composición de las sustancias sino sobre cómo se produce, específicamente, el cambio químico. Esta teoría logra explicar reacciones químicas de diferente tipo y es aceptada por la comunidad científica. En su origen, no parece haber otras posiciones alternativas a la teoría del flogisto. Los problemas y métodos, éstos últimos condensados en varios libros de textos, parecen estar más definidos y ser generalmente compartidos. Sin embargo, surgen cuestiones conflictivas que tienen que ver con los interrogantes generados por el desconocimiento de la naturaleza de lo incorpóreo, incluyendo en este tipo de entidades a los gases recientemente descubiertos. Pero estos puntos tocaban sólo tangencialmente a las investigaciones propiamente químicas del momento dado que no aún no se reconocían la importancia de la masa ni el papel que jugaban los gases en las reacciones químicas. Por lo tanto, estos ámbitos de controversia pueden despreciarse a la hora de analizar la actividad específicamente química.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la investigación química de este período tendría las características que Kuhn le adscribe a la que se produce bajo un paradigma. Así, tenemos un nuevo candidato a primer paradigma de la química, con muchas más posibilidades que los anteriores. Si se acepta esta propuesta, la quími-

ca habría adquirido su madurez a fines del siglo XVII, coincidente con la desaparición de Boyle y con el desarrollo de la actividad científica de Boerhaave, a quienes Kuhn toma como referencia para marcar el límite entre el estado de preciencia y el de ciencia madura para la química.

Nuevamente, a esta propuesta pueden oponerse argumentos. Haciendo referencia a lo expuesto en el punto 1.4 del Capítulo 1, se menciona que en el siglo XVII la química no estaba aún madura como para entrar en la etapa moderna de su evolución y que aún a mitad del siglo XVIII, su situación era bastante caótica, sin contar aún con un método claro, ligada a la medicina y con una nomenclatura asistemática. Por un lado, los requisitos para que una ciencia entre en su etapa moderna no son los mismos que los que Kuhn exige para que adquiriera madurez. Entre los primeros están:

- 1) la eliminación de explicaciones de índole filosófica.
- 2) la matematización de las leyes de la disciplina.
- 3) la utilización de la experimentación como fuente y control de esas leyes.
- 4) la aplicación de las leyes a problemas prácticos.

A fines del siglo XVII la química cumplía con los requisitos 1), 3) y parcialmente con 4). Indudablemente la matematización de sus leyes estaba aún lejos y sólo se lograría con el reconocimiento de un aspecto ponderable y cuantificable de las reacciones y sustancias químicas, la masa. Respecto a la situación caótica que dominaba a la química a mediados del siglo XVIII, incluso según la visión de los contemporáneos como Venel, esto no invalida que la química ya fuera una ciencia madura dado que justamente esta época es la que antecede a la revolución científica que ocurre con

Lavoisier, que se describirá posteriormente, y que está caracterizada por este tipo de ambiente conflictivo y por la sensación por parte de la comunidad científica de que algo no anda del todo bien.

En resumen, la química en el período en que ocurre la transición de la teoría del flogisto a la de Lavoisier, puede considerarse como una disciplina madura, con un paradigma dominante e investigación normal.

## 2.2- Enigmas y anomalías<sup>2</sup>

Kuhn describe detalladamente la tarea científica en períodos de ciencia normal. En ellos la investigación fáctica y teórica se dirige, no a nuevos fenómenos o teorías, sino a articular a los que ya están determinados por el paradigma. Así, las actividades que usualmente se realizan tienden a:

- 1) la determinación de hechos o fenómenos que el paradigma dominante señala como reveladores de la naturaleza de las cosas.
- 2) el acoplamiento de los hechos con la teoría.
- 3) la articulación de la teoría que incluye el paradigma, mediante la resolución algunas de sus ambigüedades residuales o de problemas sobre los que hasta el momento sólo se había llamado la atención (determinación de constantes físicas y de leyes cuantitativas).

---

<sup>2</sup> En "La estructura de las revoluciones científicas", Kuhn, 1992 [11].

Los resultados obtenidos en cada una de estas tareas son importantes porque contribuyen a aumentar el alcance y la precisión con que puede aplicarse el paradigma, pero ni siquiera en el caso 3) se tiende hacia una novedad no contemplada por el paradigma. El llegar a la conclusión de un problema de investigación normal es lograr lo esperado de una manera nueva, lo cual requiere resolver complejos enigmas instrumentales, conceptuales y matemáticos. El término “enigma” refiere a aquéllos problemas que sirven para poner a prueba el ingenio o la habilidad para resolverlos y son siempre resolubles. Los problemas de la ciencia normal son **enigmas** en este sentido y su solución está garantizada por el paradigma. Además, el paradigma también determina las reglas válidas, en el sentido de punto de vista establecidos o preconcepciones, por las que pueden darse soluciones aceptables a los enigmas. Estas reglas pueden incluir compromisos conceptuales, teóricos, metodológicos y metafísicos y, en general, son más difíciles de identificar que el propio paradigma. A su vez, un paradigma puede cumplir su función como tal sin que exista un conjunto completo de tales reglas. En el período anterior al surgimiento del primer paradigma y al de las revoluciones científicas está marcado por debates frecuentes y profundos sobre métodos, problemas y normas de soluciones aceptables.

La labor realizada bajo un paradigma debe ser particularmente eficaz como método para producir cambios en dicho paradigma. Las novedades fácticas o teóricas que se producen inadvertidamente durante el desarrollo de las investigaciones normales bajo un dado conjunto de reglas pero cuya asimilación requiere de un nuevo conjunto, son las generadoras de estos cambios. Este proceso comienza con la detección de una **anomalía**, es decir, un hecho inesperado para el cual el paradigma no prepa-

ra al científico. Se reconoce que la naturaleza se ha apartado en cierta manera de las expectativas inducidas por el paradigma que rige la ciencia normal. La anomalía sólo resalta contra el fondo proporcionado por un paradigma; cuanto más preciso sea y mayor sea su alcance, tanto más sensible será el paradigma como indicador de la anomalía. El conflicto creado por la anomalía sólo concluye cuando la teoría del paradigma se haya ajustado de modo que "lo anormal" se haya convertido en "lo esperado". Esto requiere de algo más que un ajuste aditivo y generalmente resulta en una nueva teoría, nuevas categorías y nuevos procedimientos, es decir, un nuevo paradigma que reemplaza al anterior.

Cuando se produce un cambio de teorías los ejemplos históricos muestran que:

- 1) esto ocurre después de un fracaso notable de la actividad científica normal de resolución de ciertos problemas.
- 2) la práctica previa había creído que estos problemas estaban solucionados o casi solucionados.
- 3) la solución de la anomalía había sido prevista, al menos en parte, durante un período anterior en el que no había un ambiente de crisis; en ausencia de crisis, no se le prestó atención.
- 4) el derrumbamiento de la teoría y su síntoma, la proliferación de teorías, ocurren una o dos décadas antes de la enunciación de la nueva teoría.

La crisis es una condición previa y necesaria para el nacimiento de nuevas teorías. La respuesta de los científicos a la presencia de anomalías en primera instancia es una gran resistencia a renunciar al paradigma. Esta resistencia asegura que no sea

fácil derrocar al paradigma y que las anomalías que lo logren sean aquéllas que realmente comprometan los fundamentos de sus teorías. Las anomalías por sí mismas no pueden demostrar que una teoría sea falsa y no lo harán puesto que sus partidarios inventarán numerosas articulaciones y modificaciones *ad-hoc* para eliminar cualquier conflicto aparente. Si el problema persiste el científico puede comenzar a minar su fe en el paradigma e incluso a tomar en consideración otras alternativas. No se sabe a ciencia cierta por qué algunas anomalías tienen efectos más catastróficos que otras pero si bien una anomalía reconocida y persistente no siempre provocará una crisis puede ayudar a engendrarla y a que surja un análisis nuevo y diferente de la ciencia, dentro del cual ya no sea una dificultad.

☞ En lo que sigue consideraremos válida la propuesta de que la química adquiere su madurez en la época en que surge la teoría del flogisto, y que la práctica en el período desde fines del siglo XVII hasta el trabajo de Lavoisier (segunda mitad del siglo XVIII) se realizó bajo un paradigma dominante (el primero), correspondiendo la primera instancia de ciencia normal. Dicho por el propio Kuhn, el traspaso de la teoría del flogisto a la teoría química de Lavoisier constituye un gran cambio de paradigma. Aplicaremos las categorías que propone Kuhn a este momento crucial del desarrollo de la química.

En palabras de Venel, un flogicista del siglo XVIII, la tarea del químico consistía en conocer las propiedades de las diferentes sustancias y cómo combinarlas para obtener nuevas sustancias con determinada conjunción de propiedades. Esto define los principales problemas que el paradigma del flogisto indicaba como relevantes, es

decir, los enigmas a cuya resolución debían abocarse los químicos. Estos estaban ligados a aspectos cualitativos de las sustancias y sus cambios y aún cuando las cantidades seguramente jugaban un rol importante, no se buscaba explicar sus relaciones. El marco conceptual era la teoría del flogisto:

- las propiedades de una sustancia se relacionaban con su composición, es decir, con los tres principios que constituían las sustancias (el principio cal le otorgaba la solidez, el principio mercurio la fluidez y el flogisto la inflamabilidad).
- el mecanismo por el que se producían las reacciones químicas involucraba una transferencia de flogisto de una sustancia rica en flogisto a una que carecía de él.

Ambos enunciados pueden considerarse como reglas conceptuales y teóricas que gobernaban la resolución de los enigmas e implicaban a su vez reglas metodológicas dado que los experimentos se diseñaban e interpretaban teniendo en cuenta estas normas. Kuhn señala el caso de Scheele quien produjo accidentalmente el gas que hoy conocemos como oxígeno en una cadena compleja de experimentos destinados a deflogistizar al calor [11]. El predominio de estas reglas se ve también en Priestley que nombró como “aire nitroso deflogistizado” (actualmente dióxido de nitrógeno) y “aire deflogistizado” a algunos de los gases que aisló. La teoría del flogisto hacía referencia a principios y cualidades y no ofrecía elementos para dar explicaciones en términos cuantitativos.

Sin embargo, como ya ha mencionado Kuhn, ningún paradigma resuelve todos los problemas, y el paradigma del flogisto no es la excepción. Pueden señalarse al me-

nos tres puntos de conflicto, dos de los cuales se transformaron en las principales anomalías que Kuhn cita como las que dieron origen a la revolución de Lavoisier:

- 1) el aumento de peso que sufrían ciertas sustancias durante la combustión cuando supuestamente *perdían* flogisto.
- 2) el papel que jugaban los gases.
- 3) la ambigüedad del *status* físico del flogisto.

En el caso 1), se trataba de un hecho que conocían los alquimistas de la Edad Media y confirmado en varias oportunidades. Sin embargo, no fue suficientemente atendido sino hasta mediados del siglo XVIII y sólo por aquellos científicos interesados por la naturaleza de los entes incorpóreos. Puede decirse que para ese entonces adquirió el carácter de anomalía, produciéndose algunos intentos por parte de los químicos flogicistas por forzarla a entrar en el esquema que ofrecía la teoría. Entre las posiciones alternativas estaban:

- 1) problemas de peso y masa no eran conceptos relevantes para la química y la cuestión no merecía mayor atención.
- 2) el aumento de peso era un hecho aislado, porque muchas otras sustancias disminuían de peso.
- 3) el flogisto podía tener peso negativo.
- 4) el flogisto era una sustancia que no era atraída hacia el centro de la tierra por la gravedad.

Las dos últimas tenían un evidente carácter *ad-hoc*. Esta proliferación de alternativas para la solución de una anomalía es lo que señala Kuhn como síntoma de un período previo a la ocurrencia de un cambio de paradigma, y que se produce unas décadas antes de la misma, como es este el caso. Incluso, como también señala Kuhn, Jean Rey había dado en 1630 una interpretación a estas observaciones en términos muy cercanos a los de Lavoisier diciendo que el aire se mezclaba con las sustancias durante estas reacciones, pero al no haber un ambiente crítico que favoreciera el cambio ni un marco teórico adecuado, no se le prestó atención.

Ya desde Van Helmont a principio del siglo XVII se había dedicado atención a los gases, aún sin contar con un instrumental adecuado. Con el descubrimiento por parte de Hales de la bomba neumática, se produce un giro en este ámbito y comienzan a descubrirse nuevos gases. Sin embargo, llevó tiempo aceptar que habían gases diferentes al aire (mediados del siglo XVIII), que eran sustancias materiales y que participaban en las reacciones químicas (segunda mitad del siglo XVIII). En parte, esto llevó tanto tiempo porque los gases y su comportamiento no estaban incluidos en el marco teórico que ofrecía la teoría del flogisto. Sin embargo, Kuhn hace referencia a hombres como Black, Priestley, Cavendish y Scheele, químicos neumáticos y flogistas que intentaron interpretar sus descubrimientos en este campo adaptando la teoría a los nuevos hechos [11]. Por ejemplo, suponían que la función del aire deflogistizado, carente de flogisto, era absorber el flogisto que se liberaba en la calcinación de una sustancia y que la cantidad de flogisto que este gas podía aceptar era limitada tal que cuando se saturaba, no podía seguir manteniendo la combustión.

Además, el proceso ocurría más rápidamente que en aire porque este último ya contenía flogisto. De esta manera, proliferaron varias versiones de la teoría, como dice Kuhn, “casi tantas versiones de la teoría flogística como químicos neumáticos” (en [11], pág. 118).

Finalmente, la naturaleza del flogisto fue también un punto débil que colaboró en el derrumbe del paradigma. De hecho no había acuerdo a este respecto porque mientras había quienes lo trataban como un cuerpo material posible de ser colectado y pesado, otros científicos lo consideraban un agente incorpóreo. El pensamiento de Lavoisier expresando su queja ante la vaguedad de la noción de central del flogisto pone en evidencia esta situación (en [5], pág. 255):

“Los químicos han hecho del flogisto un principio vago que no está estrictamente definido, y el cual en consecuencia se acomoda a cualquier explicación a la cual sea forzado. A veces este principio es pesado y a veces no lo es; a veces es fuego libre y a veces es fuego combinado con elementos terrosos, a veces pasa a través de los poros de los recipientes y a veces son impenetrables a él.”

Este punto no puede considerarse como una anomalía en el sentido de un hecho no previsto por el paradigma como los dos primeros, sino más bien como un aspecto que revela la tentativa de adaptar un concepto central de la teoría a las observaciones. Sin embargo, esta adaptación evidentemente no lo fue en el sentido de clarificar o aumentar la precisión del concepto, sino, por el contrario, fueron modificaciones *ad-*

*hoc* que terminaron desvirtuándolo y que, junto con las principales anomalías descritas, condujeron al cambio de paradigma.

Este análisis muestra que los cuatro síntomas históricos que Kuhn señala como indicativos de un futuro cambio de paradigma se dan en el desarrollo del paradigma flogístico durante el siglo XVIII. Puede afirmarse que a mediados de este siglo el paradigma del flogisto estaba entrando en un estado de crisis. Ante las anomalías señaladas, que no son las únicas pero sí las de más peso, los científicos intentaron forzar la teoría para solucionarlas, pero sólo lograron debilitarla. La persistencia de los puntos conflictivos provocó la crisis que culminará en el derrumbe del paradigma del flogisto.

### 2.3- Crisis y revolución científica<sup>3</sup>

Kuhn establece que cuando una anomalía es algo más que otro enigma y se la admite como tal, se le presta cada vez más atención y algunos de los científicos prominentes se concentran en el ámbito de ese problema. Aíslan la anomalía de manera más precisa, le dan una estructura e intentan aplicar las reglas de la ciencia normal, aún cuando son conscientes de que ya no son del todo correctas, para ver hasta dónde pueden aplicarse. En la medida que no consiguen resolverlo, los intentos de solución se irán distanciando de las reglas normales. El científico va probando experimentos que sirven para localizar y definir la causa de un conjunto todavía disperso de anomalías. Al concentrar la tarea científica en el estrecho campo de la

---

<sup>3</sup> En "La estructura de las revoluciones científicas", Kuhn, 1992 [11].

anomalía es común que la crisis produzca descubrimientos. Puesto que no puede concebirse ningún experimento sin algún tipo de teoría, el científico tratará constantemente de generar teorías especulativas que, si dan buenos resultados, pueden mostrar el camino hacia un nuevo paradigma. A su vez, al "forzar" las reglas del paradigma éstas se han ido debilitando y haciéndose más confusas. Este debilitamiento y la obtención de datos adicionales a partir de los experimentos preparan el terreno para el cambio de paradigma. Durante la crisis los científicos suelen apelar al análisis filosófico como instrumento para resolver el conflicto, intentando hacer explícitas las reglas y suposiciones. La situación de la investigación en estas circunstancias de **crisis** se parece al estado de preciencia más que al de ciencia normal y Kuhn la denomina **ciencia no-ordinaria**. La crisis culmina con la aparición del candidato a nuevo paradigma y con la lucha subsiguiente para su aceptación. Es común que los hombres que realizan los inventos fundamentales para gestar un nuevo paradigma sean jóvenes o noveles en el campo y así, no están demasiado comprometidos con las reglas tradicionales. Con frecuencia surge un nuevo paradigma, al menos en estado embrionario, antes de que la crisis se haya reconocido o que haya avanzado mucho en su desarrollo, mientras que otras veces transcurre un tiempo considerable entre la primera percepción del trastorno y el surgimiento de un nuevo paradigma.

La transición entre paradigmas dista mucho de ser un mero proceso de acumulación al que se llega por una articulación o ampliación del antiguo paradigma. Más bien es una reconstrucción del campo a partir de nuevos fundamentos que cambia algunas de las generalizaciones teóricas elementales, así como muchos de los métodos y aplicaciones del paradigma. Durante la transición habrá una gran coinciden-

cia, aunque nunca total, entre los problemas que pueden resolverse con ayuda del antiguo y el nuevo paradigmas, pero también habrá una diferencia notable en el modo de resolverlos. Kuhn considera las **revoluciones científicas** como aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo é incompatible con el anterior. Comienzan con el sentimiento cada vez más intenso por parte de un grupo de la comunidad científica de que el paradigma existente ha dejado de funcionar adecuadamente en la exploración de un aspecto de la naturaleza. Las revoluciones sólo son revolucionarias para los que están afectados por ellas. La elección entre paradigmas en competencia es entre modos incompatibles de investigación científica y por este motivo no puede estar determinada solamente por los procesos de evaluación lógica y experimental característicos de la ciencia normal, pues éstos dependen de un paradigma en particular, el cual justamente está siendo cuestionado. Los ejemplos históricos muestran que la evolución científica no ocurre continua y acumulativamente, abarcando la nueva teoría a las anteriores o a hechos desconocidos por ellas, como sostiene la epistemología dominante. Por el contrario, la asimilación de las nuevas teorías y fenómenos requiere de un conflicto entre escuelas competitivas de pensamiento científico y de la destrucción del paradigma derrotado. La adquisición acumulativa de novedades no previstas resulta la excepción más que la regla del desarrollo científico. Evidentemente tiene que haber un conflicto entre un paradigma para el cual un determinado hecho es una anomalía y el que luego hace que ésta resulte un fenómeno normal. Los paradigmas proporcionan a todos los fenómenos, excepto las anomalías, un lugar determinado por la teoría. La nueva teoría deberá hacer

ciertas predicciones distintas de las derivadas de sus predecesoras y esta diferencia no podría presentarse si las dos teorías fueran lógicamente compatibles.

☞ El cambio del paradigma flogicista tiene en el rol protagonista a Lavoisier, quien en su misión de sistematizar y organizar lo que hasta el momento abarcaban los conocimientos, produce la agudización de la crisis de la teoría del flogisto y la revolución científica que lleva al triunfo a su propio paradigma. En él podemos encarnar al científico generador del cambio que describe Kuhn:

- un hombre joven: cuando inicia los experimentos que lo llevan a sus hipótesis acerca de la combustión contaba con 33 años, y era entre 10 y 15 años menor que los principales defensores de la teoría tradicional:
- no demasiado comprometido con las reglas tradicionales: había llegado a la química luego de incursionar en otras áreas y tenía una formación newtoniana que posiblemente lo estimulaba a buscar explicaciones diferentes a las dictadas por el paradigma flogicista, por ejemplo, más cercanas a la física. Si bien Lavoisier había aceptado y trabajado dentro de la teoría del flogisto, su intención de ordenar y precisar las reglas metodológicas y conceptuales que dictaba el paradigma y con las que se manejaban los químicos muestra que consideraba a las reglas tradicionales si no equivocadas, por lo menos erradas en algún aspecto.
- centra su investigación en el ámbito de la anomalía y diseña experimentos para localizarla y precisarla: el desarrollo de su gran empresa lo llevó a concentrarse en las reacciones de combustión, calcinación y respiración. En la medida en que fue avanzando en el conocimiento de las mismas, las explicaciones flogicistas le

resultaron inadecuadas. Esto le llevó a realizar varios experimentos que lo condujeron a su hipótesis acerca de la participación del oxígeno.

- recurre al análisis filosófico explicitando reglas y suposiciones: la tarea de reorganización que planeó para la química es una labor precisamente de esta índole y en esta tarea estableció y explicitó claramente reglas y conceptos que ayudaron a clarificar la situación de la disciplina.

En el período en que Lavoisier comienza las investigaciones que conducen al ataque frontal a los principios del flogisto, alrededor de 1770, las anomalías mencionadas y el debilitamiento sufrido por las reglas en los intentos por acomodarlas dentro del marco flogicista venían haciendo su trabajo y la crisis del paradigma estaba en sus primeros estadios. En consecuencia, la química entra en una etapa de ciencia no-ordinaria en la que existen desacuerdos y debates; en palabras de Kuhn:

“Aunque todavía era creído y aceptado como instrumento de trabajo, un paradigma de la química del siglo XVIII estaba perdiendo gradualmente su *status* único. Cada vez más, la investigación que guiaba se iba pareciendo a la llevada a cabo por las escuelas en competencia del período anterior al paradigma, otro efecto típico de la crisis”.

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 121).

Por otra parte, como es común en estos períodos, el trabajo focalizado en los puntos más conflictivos de la teoría del flogisto produjo nuevos descubrimientos, por ejemplo, el hecho de que el aire fuera en realidad una mezcla y no una única sustancia gaseosa compuesta.

## 2.4- La noción de inconmensurabilidad<sup>4</sup>

Siguiendo la propuesta de Kuhn en “La estructura de las revoluciones científicas” [11], los paradigmas sucesivos indican diferentes criterios sobre cuáles son las entidades naturales y cómo es su comportamiento; por lo tanto, la adquisición de un nuevo paradigma frecuentemente implica una redefinición de las dimensiones de la ciencia correspondiente. Algunos problemas anteriores pueden pasar al ámbito de otra ciencia (o viceversa) o ser declarados no-científicos, mientras que otros que antes no existían pueden adquirir relevancia con el nuevo paradigma. Se modifican los conceptos y las reglas, por lo que los científicos ven el mundo de investigación que les es propio, de manera diferente, es decir, responden a una nueva manera de captar tal realidad:

“(…) en tiempos de revolución, cuando la tradición científica normal cambia, la percepción que el científico tiene de su medio ambiente debe ser reeducada (...). Después de que lo haga, el mundo de sus investigaciones parecerá, en algunos aspectos, incomparable con el que habitaba antes.”

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 177).

La revolución científica que tiene lugar no puede reducirse a una *reinterpretación* de datos individuales y estables, en primer lugar porque éstos no son inequívocamente estables. Los datos y las observaciones no están fijados por el medio am-

---

<sup>4</sup> En “La estructura de las revoluciones científicas”, Kuhn, 1992 [11], “Kuhn y el cambio científico”, Pérez R., 1999 [14], “Comensurabilidad ...”, Kuhn, 1989 [15].

biente y/o la capacidad perceptual, sino que son *dependientes* del paradigma, que le indica al científico qué y cómo "ver". La información empírica que recogen los científicos de paradigmas opuestos sobre un mismo objeto no es la misma. En consecuencia, la aceptación de un nuevo paradigma no es un proceso de interpretación, puesto que no hay datos fijos que le sirvan de base.

No obstante, cabe aclarar que los cambios que produce el paradigma triunfante nunca son totales, ya que gran parte del vocabulario y de los instrumentos de laboratorio serán todavía los mismos que antes, aunque se los emplee de manera diferente. Los libros de texto se reescriben después de las revoluciones (y normalmente las disimulan) pero gran parte de las descripciones nuevas se hacen en los mismos términos que se empleaban en la época anterior a la revolución.

Las sustanciales modificaciones que ocurren a consecuencia de la instauración de un nuevo paradigma hacen imposible que los científicos que lo apoyan entren en *completo* contacto con los puntos de vistas de los defensores del antiguo paradigma. Este es el concepto de **inconmensurabilidad** de las tradiciones anterior y posterior a la revolución científica propuesta por Kuhn propone en "La estructura..." [11], que se caracteriza como una relación entre paradigmas sucesivos. Esta noción constituye una idea central en la epistemología kuhniana; su impacto en la posibilidad de establecer comparaciones entre las teorías que fundaran la racionalidad de las decisiones respecto a las mismas, le ocasionó numerosas críticas. Tal situación obligó al autor a dar sucesivas precisiones sobre este concepto. Al respecto, resulta clarificador el detallado análisis que se desarrolla en el trabajo de Pérez Ransanz "Kuhn y el

cambio científico” [14] en el que se desatacan los siguientes aspectos de la evolución de la noción de inconmensurabilidad.

Inicialmente, la idea de inconmensurabilidad entre *paradigmas* que propone Kuhn en “La estructura...” [11] tiene un carácter eminentemente globalizador, ya que involucra las diferencias que se presentan tanto en los aspectos cognitivos (sistemas conceptuales, postulados teóricos, supuestos de existencia, percepción del mundo), como en los metodológicos (criterios de relevancia y evaluación, estrategias de procedimiento, técnicas experimentales, etc.). La amplitud del concepto tiene como correlato su falta de precisión dada la composición heterogénea de los paradigmas.

Durante la década del '70 Kuhn restringe la noción de inconmensurabilidad, aplicándola sólo a las *teorías* que se proponen en paradigmas sucesivos, y más precisamente, a sus *lenguajes y vocabularios*. Establece entonces que dos teorías son inconmensurables cuando están articuladas en lenguajes que no son *completamente traducibles* entre sí. Cuando se pasa de una teoría a otra, ciertos términos cambian de significado y esta modificación impide que *todos* los enunciados sean mutuamente traducibles, al menos que lo sean sin pérdidas o cambios. Dicho de otra forma, cuando dos teorías contienen ciertos términos básicos que no son interdefinibles habrá afirmaciones de una teoría que no se puedan formular o expresar en el léxico de la otra. Esta reformulación de la tesis de la inconmensurabilidad supone que las teorías tienen un ámbito de referencia común, pudiendo entrar en una competencia genuina y ser objeto de un juicio comparativo. De esta manera, la imposibilidad de concretar una traducción *completa*, afecta sólo al tipo de comparación que se esta-

blece “uno-a-uno” es decir, de enunciado a enunciado, por lo que la inconmensurabilidad no implica *incomparabilidad* [15].

El concepto de inconmensurabilidad, que Kuhn toma de la matemática, es equivalente a la falta de una unidad común de medida, que en el contexto semántico implica la falta de un lenguaje común que permita una traducción sin pérdidas ni residuos. Esta tesis se opone a la propuesta del neopositivismo, que se fundamenta en la supuesta independencia y neutralidad de los enunciados observacionales; el requisito indispensable en la comparación entre teorías y que hace que la elección entre ellas sea racional es el supuesto de la “traducibilidad universal” de los enunciados de observación. Desde “La estructura...” [11] Kuhn niega este supuesto y más tarde sostiene que si dos teorías son inconmensurables cada una de ellas contendrá algunos conceptos y afirmaciones sobre el mundo que no serán expresables en el lenguaje de la otra; este límite impide la comparación punto-a-punto. Pero si la inconmensurabilidad implicara la imposibilidad de cualquier tipo de comparación, todo intento por reconstruir la elección y el cambio de teorías como un proceso racional (aunque con una concepción diferente de racionalidad científica) quedaría inhibido.

Para Kuhn, la traducción completa entre teorías fracasa cuando las relaciones básicas de semejanza/diferencia a través de las cuales se identifican y clasifican los objetos de un campo de investigación, son diferentes en cada una de las teorías. Estas relaciones son las que permiten determinar las diferentes categorías taxonómicas; si éstas se modifican, cambia la estructura del ámbito, ya que sus elementos constituyentes quedan reagrupados de modo diferente. Esto es justamente lo que caracteriza a las revoluciones científicas, un cambio en varias de las categorías ta-

taxonómicas que son el requisito previo para las descripciones y generalizaciones científicas.

De este modo, estableciendo mayores precisiones, Kuhn sostiene que dos teorías son inconmensurables cuando sus estructuras taxonómicas no son homologables, lo cual conduce a la imposibilidad de traducción completa. Un cambio de taxonomía nunca se da como una modificación puntual en categorías aisladas, sino que presenta un carácter *holista*. Pero pese a esto, el cambio sólo involucra a un conjunto limitado de términos; es aquí donde Kuhn establece el carácter "local" (parcial) de la inconmensurabilidad (y una concepción más limitada de la misma [15]). Este carácter parcial permite, por un lado, que los términos que mantienen su significado sirvan de base para lograr *comprender* (pero no traducir) los términos inconmensurables, y por el otro, sostener la tesis kuhniana de que el cambio de paradigma siempre trae consigo pérdidas de contenido empírico (para lo cual se requiere que exista algún grado de conmensurabilidad entre las teorías rivales).

A partir de estas propuestas cabe preguntar qué posibilidad tiene un científico de interpretar una teoría inconmensurable con la propia, si la traducción completa en términos del lenguaje de su teoría no puede llevarse a cabo. La respuesta de Kuhn es que esto es posible si se tiene en cuenta la diferencia, a menudo ignorada, entre traducción e interpretación; se *comprenden* teorías inconmensurables, no se traducen. Aunque la traducción es el primer recurso al que apelan las personas que intentan comprenderse, no es suficiente en todos los casos. Para lograr la comprensión en situaciones en las que las teorías definen taxonomías no homologables, la única manera es a través de la interpretación y el aprendizaje de la nueva teoría (es

decir, aprender a categorizar y estructurar el mundo de una nueva manera), lo cual no implica la traducción (como así tampoco el fracaso de la traducción impide el aprendizaje).

Tanto en sus primeras versiones como en las posteriores, la noción de inconmensurabilidad está ligada a la inexistencia de una base totalmente independiente a partir de la cual se puedan interpretar teorías rivales respecto a un mismo ámbito. También en las últimas versiones de la inconmensurabilidad, las modificaciones al nivel del lenguaje que se originan en cambios en las categorías taxonómicas entre una y otra teoría implican que no sólo las descripciones sino también las poblaciones del mundo de cada una son diferentes. Así, la afirmación que Kuhn hace en "La estructura..." [11] acerca de que la comunidad científica luego de la revolución vive en un mundo diferente sigue siendo vigente.

☞ Tanto en "La estructura..." [11] como en "Conmensurabilidad..." [15], Kuhn toma el ejemplo de los términos relacionados a la revolución química de Lavoisier como casos para sustentar sus tesis respecto a la inconmensurabilidad. En "La estructura..." [11] Kuhn se refiere a la consideración del aire deflogistizado y el oxígeno como una instancia en la cual hay diferencias entre lo que el científico "ve" desde un paradigma y los que otros perciben desde el paradigma competidor:

"Como dijimos, Lavoisier vio oxígeno donde Priestley había visto aire deflogistizado y donde otros no habían visto nada en absoluto. Sin embargo, al aprender a ver oxígeno,

Lavoisier tuvo que modificar también su visión de otras muchas sustancias más conocidas. (...) Lavoisier vio a la naturaleza de manera diferente.”

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 186).

Posteriormente, vuelve al ejemplo negando que Lavoisier y Priestley estuvieran viendo ambos oxígeno pero cada cual lo estuviera interpretando en forma diferente.

Luego, en su artículo “Conmensurabilidad...” [15] utiliza ejemplos de términos de la teoría del flogisto para demostrar la imposibilidad de traducción completa entre teorías inconmensurables (y responder a una crítica de Kitcher que trataremos en el capítulo final). Muestra cómo los términos de la teoría del flogisto tienen distinta relación con el lenguaje de la química actual, dado que algunos permanecen inalterados, otros puede reemplazarse por frases y otros han desaparecido por completo del lenguaje químico del siglo XX, como es el caso de “flogisto”. La existencia de estos términos que no pueden reemplazarse por ningún término ni conjunto de frases actuales, es lo que frustra cualquier intento de traducción. Kuhn establece además cómo la intraducibilidad se extiende a cierto conjunto de términos, como “principio” y “elemento”, que están interrelacionados e interdefinidos. Esta imposibilidad de traducción completa lleva a concluir que actualmente puede hablarse de la química del siglo XVIII sólo mediante un proceso de *aprendizaje e interpretación* de su lenguaje. Esta limitación tiene su origen en que la teoría química que dominó durante parte del siglo XVIII la actividad científica, estructuraba el mundo de manera diferente a la teoría química actual.

En un intento de extender el análisis de Kuhn al caso de la revolución química del siglo XVIII, se establecerán previamente algunas ideas respecto a la magnitud del cambio producido para luego aplicar más detalladamente la noción de inconmensurabilidad en su última versión.

Establecida la crisis, Lavoisier propone el nuevo candidato a paradigma que resultará triunfante luego de concluida la revolución. En esta tradición, se prescinde del flogisto, por una parte, y el oxígeno participa en ciertas reacciones químicas en las que se combina con el metal, aumentando su peso. Esta anomalía, como otras, deja de serlo en el nuevo esquema; las anomalías en el paradigma antiguo son hechos normales en el nuevo candidato evidenciando el conflicto entre ambos paradigmas, que necesariamente implica posiciones contrarias. El concepto clave de la teoría anterior, el flogisto, desaparece completamente en la nueva propuesta y, por el contrario, pasan a tener un papel fundamental sustancias anómalas para la tradición, los gases. Pero los cambios introducidos por Lavoisier no se limitan a incorporar estas anomalías, sino que implican una transformación mucho mayor, una reconstrucción del mundo de la química, por ejemplo en lo que respecta a:

- las entidades naturales y sus comportamientos: el flogisto deja de existir como entidad mientras otras, como los metales y los gases cambian su naturaleza y/o comportamientos; los primeros pasan, de ser sustancias compuestas a elementales; los gases por su parte, pasan de ser sólo receptores de flogisto a combinarse químicamente con otras sustancias.
- el *status* científico de los problemas: deflogistizar sustancias dejó de ser un problema científico, explicar las cualidades de las sustancias perdió importancia e

interés, mientras que determinar las relaciones de peso o de masa en una reacción química pasó a ser un problema de relevancia.

- los conceptos y las reglas: se introducen nuevos conceptos como el de "conservación" (aplicado al cambio químico), "sustancia material", "sustancia simple" y "sustancia compuesta" y nuevas reglas para su tratamiento experimental, clasificación (taxonomía) y referencia (nomenclatura). Conceptos como el de "principio" cambian parcialmente de significado y otros como el de "flogisto" o el de "aire deflogistizado" desaparecen.

En el mundo del paradigma tradicional hay flogisto que se libera de las reacciones y es absorbido por las sustancias, los calcinados son elementales y no existe nada semejante al oxígeno sino aire deflogistizado. En el de Lavoisier, no hay nada llamado flogisto, los calcinados son sustancias compuestas y el oxígeno cumple un papel fundamental en las reacciones de combustión. No sólo hay elementos que existen en una estructura pero no en otra, sino que algunos cambian, modificándose también sus grupos de pertenencia. Evidentemente, aquí hay un cambio importante de categorías taxonómicas que no resultan homogables, y por lo tanto, estamos en presencia de teorías inconmensurables, según la definición de Kuhn. Además, según la tesis kuhniana, esto implica que los científicos que trabajaron de acuerdo al paradigma del flogisto vivieron en un mundo distinto de aquél que habitaron luego del triunfo de Lavoisier.

Llevado al nivel semántico de las últimas versiones de inconmensurabilidad, puede realizarse un análisis análogo al de Kuhn entre el lenguaje de la teoría flogicista y

aquél empleado por Lavoisier y sus sucesores. Teniendo como referencia los objetos mencionados en el párrafo anterior, el lenguaje en el que se expresan cada una de las teorías tendría que revelar las diferentes taxonomías. Así, se pueden establecer distintas categorías de términos según su relación respecto al nuevo lenguaje y al anterior:

- términos que se mantienen inalterados en referencia y aplicación: fuera de los términos triviales o no pertenecientes al ámbito exclusivo de la química, algunos ejemplos de tales términos pueden ser: “residuo”, “propiedad” y la mayoría de los nombres de los instrumentos de laboratorio, por ejemplo, “retorta”.
- términos que se mantienen pero cambian drásticamente su significado: por ejemplo, la noción de “principio” cambia en Lavoisier pero el término sigue siendo utilizado. También se sigue usando el término “calcinado”, pero el referente tiene en la nueva teoría otras características, por ejemplo, la de ser una sustancia compuesta.
- términos que han desaparecido totalmente sin poder ser reemplazados por ninguna frase o grupo de frases equivalente en el nuevo léxico: este es el caso de las palabras intraducibles de las que el ejemplo más obvio es el de “flogisto”; Puede parecer, sin embargo, que “flogisto” podría traducirse como “el principio de la inflamabilidad”, dado que “principio” e “inflamabilidad” pertenecen al vocabulario de Lavoisier. Pero ya se ha mencionado que el concepto de principio cambia en uno y otro paradigma. Para Becher o Stahl, los principios eran sólo tres y si bien podían separarse (el flogisto se transfería de una sustancia a otra y liberaba al otro principio en el caso de los cuerpos más simples) no podía obtenerse los

completamente aislados (pése a los intentos por lograrlo). Para Lavoisier, los principios son los elementos en los que se *descomponen prácticamente* las sustancias y como tales, puede aislárselos. El nivel de las definiciones es diferente y Lavoisier aclara que su compromiso no es ontológico. Además, los elementos o principios de Lavoisier no tienen un número definido y él logra identificar muchos más de tres. Por lo tanto, se necesitaría expresar "principio" en el sentido flogista en otros términos del lenguaje posterior y allí aparece el problema de la intraducibilidad. Pueden mencionarse otros términos que están en esta situación, como "deflogistización", que podría definirse como "proceso por el cual se elimina el flogisto de una sustancia", o de "aire deflogistizado", cuyo significado puede expresarse de varias formas según el contexto, por ejemplo, "lo que resulta de eliminar el flogisto del aire atmosférico". Sin embargo, que en estas definiciones siempre aparece la palabra "flogisto", inexistente en el vocabulario de posterior a Lavoisier, y de allí su intraducibilidad.

Nuevamente, la imposibilidad de traducir los términos, originada en las diferencias taxonómicas entre de la vieja tradición y su predecesora, hace a las teorías correspondientes inconmensurables.

Concordante con las tesis de Kuhn, no todo cambia sino que hay elementos que se mantienen en uno y otro paradigma, tanto en el nivel ontológico como en el semántico. Como lo demuestran las descripciones de los experimentos rivales de Lavoisier y Priestley sobre la calcinación de metales, el instrumental de laboratorio es casi el mismo en ambos casos y ya se ha analizado el caso de conceptos y términos

asociados que no modifican su significado. Entre los libros de textos de química, escritos por el mismo Lavoisier una vez instaurado el nuevo paradigma y que plasman las nuevas teorías pueden citarse “Métodos de nomenclatura química” (1787) y “Tratado elemental de Química” (1789), que fue concebido con una finalidad fundamentalmente pedagógica.

### 2.5- La elección entre paradigmas<sup>5</sup>

En “La estructura...” [11], y como ya fue mencionado, Kuhn señala que la selección entre paradigmas en competencia que compromete a la comunidad científica, implica cuestiones que no pueden resolverse utilizando los criterios de la ciencia normal. En los argumentos parcialmente circulares que se utilizan comúnmente, se intenta demostrar que cada paradigma satisface, en mayor o menor medida, los criterios que dicta para sí mismo y que se queda atrás en algunos de los dictados por su oponente. Puesto que no hay dos paradigmas que dejen sin resolver los mismos problemas surge la pregunta acerca de qué problema es más significativo resolver. Esta es una cuestión de valores que no puede responderse en los términos y criterios de la ciencia normal, siendo necesario recurrir a criterios externos. Ahora bien, ¿qué es lo que hace que un grupo abandone una tradición de investigación normal a favor de otra? El investigador que se dedica a la ciencia normal, soluciona enigmas pero no pretende poner a prueba los paradigmas. Esto ocurre sólo cuando el fracaso

---

<sup>5</sup> En “La estructura de las revoluciones científicas”, Kuhn, 1992 [11], “Kuhn y el cambio científico”, Pérez R., 1992 [14].

persistente para obtener la solución de problemas importantes haya producido una crisis y un candidato alternativo a paradigma. La consolidación de la prueba no consiste simplemente en la comparación de un paradigma único con la naturaleza sino en la competencia entre dos paradigmas rivales para obtener la aceptación de la comunidad científica.

A diferencia de las propuestas de la verificación o la falsación, en cualquiera de sus versiones, para la elección entre teorías, Kuhn sostiene que:

“Si no hubiera más que un conjunto de problemas científicos, un mundo en el que poder ocuparse de ellos y un conjunto de normas para su resolución, la competencia entre paradigmas podría resolverse por medio de algún proceso más o menos rutinario, como contar el número de problemas resueltos por cada uno de ellos. Pero, en realidad, esas condiciones no son satisfechas completamente nunca.”

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 229).

Los proponentes de paradigmas en competencia se encuentran siempre en posiciones enfrentadas; practican sus profesiones en mundos diferentes y generalmente estarán en desacuerdo con respecto a la lista de problemas que deben resolverse y sus normas y definiciones de la ciencia serán distintos. Como algunos paradigmas se gestan a partir de los anteriores, incorporan gran parte del vocabulario y de los aparatos, tanto conceptuales como de manipulación, empleados en el paradigma tradicional. Pero en el nuevo paradigma, los términos, los conceptos y los experimentos antiguos entran en relaciones diferentes unos con otros. Como se señaló anteriormente, esto implica en la versión de “La estructura...” [11] la inconmensurabilidad de

los paradigmas. En consecuencia, la comunicación entre los dos grupos contrincantes es sólo parcial y para que puedan lograr comunicarse plenamente, una de las comunidades debe experimentar la *conversión* que implica el cambio de paradigma. Precisamente porque es una transición entre inconmensurables no puede llevarse a cabo paso a paso, con los parámetros de la lógica y la experiencia neutral, sino que es un cambio de forma o *gestalt* que tiene lugar, o no, de una sola vez. Cómo llegan los científicos a hacer esta transposición? Pues algunos nunca lo hacen. La transferencia de un paradigma a otro es una experiencia de conversión que no se puede forzar. La resistencia de toda una vida, sobre todo de aquellos científicos más comprometidos con una tradición más antigua de la ciencia normal, es indicativa de la naturaleza de la investigación científica misma y se origina en la seguridad de que el paradigma más antiguo resolverá todos sus problemas. No obstante es posible persuadir a los científicos con argumentos pertinentes de que cambien de manera de pensar, lo cual a veces puede requerir una generación para llevarse a cabo el cambio. Aunque algunos científicos, sobre todo los más viejos y experimentados puedan resistirse indefinidamente, la mayoría de ellos, en una u otra forma, aceptarán el nuevo paradigma. Las conversiones van produciéndose poco a poco hasta que toda la comunidad se encuentra nuevamente practicando de acuerdo a un único paradigma, aunque diferente.

El acto de juicio que conduce a los científicos a rechazar una teoría aceptada previamente se basa siempre en algo más que la comparación de dicha teoría con la naturaleza (verificación o falsación). El argumento más fuerte y efectivo para convencer a sus oponentes de la conveniencia del nuevo paradigma es que éste puede re-

solver los problemas que condujeron al paradigma anterior a la crisis. Las pretensiones de este tipo tienen muchas probabilidades de ser exitosas si el nuevo paradigma muestra una precisión cuantitativa mucho mayor que la de su competidor más antiguo. Sin embargo, esto no suele ser suficiente por sí solo y además, no siempre puede hacerse de manera legítima. Entonces se hace necesario recurrir a otras pruebas como, por ejemplo, el uso del candidato a paradigma en la predicción de nuevos fenómenos o en la explicación de fenómenos que ya habían sido observados mucho antes y que en ninguno de los casos habían sido predichos o explicados por el paradigma anterior.

Cuando se propone un candidato a paradigma por primera vez, es raro que haya resuelto más que unos cuantos de los problemas a que se enfrenta y la mayoría de las soluciones distarán mucho de ser perfectas. Más aún, es probable que el antiguo paradigma pueda articularse para tratar de igualar los logros de su rival. Por otra parte, los defensores de la teoría y los procedimientos tradicionales casi siempre pueden señalar problemas que el nuevo candidato no ha resuelto pero que, desde el punto de vista de éste último no son auténticos problemas. Aún en lo que respecta a los fenómenos que llevaron a la crisis los argumentos de uno y otro grupo pueden ser igualmente convincentes y fuera de esta zona, la balanza con frecuencia se inclinará hacia la tradición. Sin embargo, los debates paradigmáticos no son realmente sobre la capacidad relativa de resolución de problemas aunque se representen habitualmente en esos términos. En "La estructura..." [11] Kuhn expresa:

“El hombre que adopta un nuevo paradigma en una de sus primeras etapas, con frecuencia deberá hacerlo, a pesar de las pruebas proporcionadas por la resolución de problemas. O sea, deberá tener fe en que el nuevo paradigma tendrá éxito al enfrentarse a los muchos problemas que se presenten en su camino. “

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 244).

Es más, es posible identificar otro tipo de razones que conducen a los científicos a rechazar un antiguo paradigma o aceptar uno nuevo. Raramente se hacen explícitas y algunos se encuentran fuera del ámbito estrictamente científico: el sentido de lo apropiado y lo estético así como la biografía, personalidad, nacionalidad o reputación del científico innovador.

Esta concepción del cambio entre paradigmas que sostiene Kuhn en “La estructura...” [11] que incluye el concepto de inconmensurabilidad se ha considerado desde las posiciones más tradicionales como un desafío a la racionalidad científica. Pérez R. en “Kuhn y ...” [15] presenta las precisiones posteriores de Kuhn respecto a la ocurrencia del cambio científico, pero que siguen la misma línea de pensamiento que propone en “La estructura...” [11] y que condensa lo mencionado en párrafos anteriores. El análisis de la autora puede resumirse en los siguientes puntos:

- Kuhn considera que las “buenas razones” (aquéllas basadas en la lógica y la observación) cumplen un rol en las transiciones revolucionarias, pero sin el carácter decisivo o determinante que le atribuyen las epistemologías tradicionales.

- la tesis de la inconmensurabilidad implica que no existe un *algoritmo* de decisión que pueda ser efectivamente aplicado, por lo cual se rompe el esquema en el que se basa la concepción tradicional de la racionalidad de la ciencia.
- la evaluación de teorías es siempre una comparación que se da en la competencia entre teorías alternativas. El problema de comunicación que surge por la inconmensurabilidad de las teorías que están en juego en una revolución científica no es insuperable; sino que puede llevarse a cabo si:
  - se toma como base relativamente estable y neutral para la comparación el limitado conjunto de términos (conceptos) y enunciados que se mantienen en ambas (gracias al carácter local de la inconmensurabilidad); este conjunto de información no se cuestiona en la evaluación.
  - la parte del lenguaje compartido sirve para que los científicos inicien el aprendizaje del nuevo paradigma.
  - los científicos pueden llegar a dominar el vocabulario de la otra teoría a través de una serie de *prácticas* con las que van logrando una comprensión cabal de la nueva estructura conceptual.

Una vez que ha ocurrido esto puede establecerse la comparación que sólo puede ser *global* pero nunca "punto-a-punto".

- la comparación global se apoya en consideraciones de adecuación empírica, simplicidad, consistencia, fecundidad, es decir, virtudes que la comunidad científica considera como tales de acuerdo a sus valores epistémicos; estos valores condicionan pero no determinan las decisiones de los científicos.

- dos científicos que están de acuerdo en los valores epistémicos, técnicas y procedimientos experimentales, manejan la misma información y comprenden cabalmente las teorías rivales pueden aún estar en desacuerdo en cuál teoría es la mejor; este desacuerdo es, para Kuhn, racional.
- en la toma de decisiones individuales de los científicos intervienen otros factores, entre los cuales algunos son subjetivos; los mismos pueden estar poco vinculados e incluso ser externos a la práctica científica; por ejemplo, la trayectoria profesional, la familiaridad con ciertas prácticas o herramientas teóricas, supuestas metafísicos, convicciones ideológicas y religiosas.

☞ El paradigma flogístico perdió la lucha contra Lavoisier en el transcurso de la primer gran revolución dentro de la química y que, como se menciona repetidas veces, dio nacimiento a la química moderna. Según las tesis de Kuhn sobre el cambio de paradigmas, la derrota no fue solamente el resultado de las dificultades que tenía la teoría del flogisto para explicar ciertos hechos o de los méritos que tenía el paradigma de Lavoisier para interpretarlos, sino producto de la decisión de la mayor parte de los químicos que optaron por éste último, y que estuvo motivada también por otro tipo de razones.

Declarada la crisis, y ante la percepción de la misma, están los científicos que como Lavoisier producen alternativas fuera del paradigma vigente y contradictorias con él, mientras que otros como Priestley se resisten a abandonar sus tradiciones y orientan sus acciones a mantener al paradigma a salvo. El resto de los químicos

contemporáneos a estos científicos más renombrados tienen que tomar partido por uno y otro bando; la historia muestra hacia donde se inclinó la balanza en este caso.

Priestley, comprometido fuertemente con el paradigma vigente, diseñó y llevó a cabo experimentos muy convincentes reafirmando la capacidad explicativa de la teoría del flogisto, en contra de las hipótesis de Lavoisier. Pero según la propuesta de Kuhn, por muy efectivo que pueda ser como argumento el resultado de uno o varios experimentos rivales demostrando cuál es el mejor paradigma en cuanto a la cantidad de problemas que resuelve o deja de resolver, no puede *definir* la competencia entre paradigmas. De hecho, Kuhn menciona que el paradigma de Lavoisier no permitía responder a la cuestión acerca de por qué se parecían tanto los diferentes metales, que había sido planteada e incluso satisfactoriamente respondida por la teoría del flogisto como tampoco podía enfrentar, por lo menos en sus comienzos, el problema de la proliferación de nuevos gases y la interpretación de las reacción de combustión del gas inflamable (el actual hidrógeno) y del carbono [11].

El círculo de científicos cercano a Lavoisier se convirtió rápidamente a sus ideas así como algunos químicos no franceses como Bergman en Suecia y Klaproth en Alemania. Sin embargo, muchos otros mostraron una fuerte resistencia, como los químicos británicos Priestley, Cavendish y el sueco Scheele y nunca aceptaron la nueva doctrina. En este caso, la decisión por uno u otro paradigma no estuvo exenta de los componentes extra-científicos que menciona Kuhn. Una de las razones por las que algunos químicos alemanes e ingleses se mantuvieron dentro de la tradición es que no estaban dispuestos a aceptar la teoría de un francés [10].

Habiendo sido aceptado el nuevo paradigma por la mayoría de los científicos, la química entró en una nueva etapa de ciencia normal con nuevos enigmas para resolver y nuevas reglas para su resolución, estableciéndose los fundamentos que la sustentan hasta nuestros días. A partir de entonces la investigación química se orientó en la dirección del programa de Newton, centrada en la búsqueda de nuevos elementos y de explicaciones cuantitativas de las reacciones químicas de combinación y descomposición. El paradigma brindaba también un sistema de reglas conceptuales, teóricas y metodológicas claras, entre otras:

- definiciones de sustancia material, simple y compuesta, cambios químicos, físicos y de estado (conceptual).
- sistema de reglas para nombrar sustancias (metodológica).
- principio de conservación de la masa (teórica).
- consideración de los gases en el cómputo de las masas en las reacciones químicas (metodológica).

Las reglas teóricas y conceptuales permitieron dar mayor coherencia y sistematicidad al cúmulo de hechos y conocimientos químicos, que luego de la labor de Lavoisier adquirieron un orden y sistematización mayores. Todo prometía el éxito de las investigaciones subsiguientes.

## 2.6- Progreso en la ciencia<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> En "La estructura de las revoluciones científicas", Kuhn, 1992 [11].

Para Kuhn el término “ciencia” se aplica a actividades que progresan de manera evidente. A su vez, el progreso científico adquiere características particulares en cada una de las etapas por las que atraviesa el desarrollo de una disciplina, preciencia, ciencia normal y revolución, las cuales tiene su origen en las peculiaridades que distinguen a la comunidad científica del resto de los grupos humanos.

Durante todo el período anterior a la adquisición del primer paradigma, cuando hay gran número de escuelas en competencia, las pruebas de progreso, excepto en el interior de las escuelas, es muy difícil de encontrar. En este período los individuos practican la ciencia pero sus resultados no se suman en un único cuerpo de conocimientos.

En los períodos de ciencia normal el progreso parece más evidente y asegurado. La ausencia de escuelas contrincantes que se cuestionen recíprocamente propósitos y normas, hace que el progreso de una comunidad científica normal se perciba con mayor facilidad. Por otra parte, ciertas particularidades de comunidad científica favorecen la rapidez con la que se obtienen soluciones a los problemas y por lo tanto, que el ritmo del progreso sea acelerado:

- el aislamiento de los científicos con respecto a la sociedad permite que el investigador individual se concentre en problemas sobre los que tiene buenas razones para creer que es capaz de resolver y es lo que hace.
- la naturaleza de la iniciación educativa hace que el estudiante aprenda principalmente de libros de texto y no de las obras o trabajos originales de los científicos anteriores, sino hasta las últimas etapas de la instrucción. Esta educación resulta inmensamente efectiva, aunque también estrecha y rígida, porque prepara per-

fectamente al futuro científico para los trabajos de ciencia normal, es decir, para la resolución de enigmas dentro de la tradición que definen los libros de texto.

Sobre esta base, el resultado de la resolución de problemas en ciencia normal debe ser, inevitablemente, el progreso.

Ahora, es también el progreso un ingrediente de las revoluciones científicas? Durante las revoluciones, cuando se encuentran nuevamente en juego los principios fundamentales de un campo, surgen dudas acerca de la posibilidad de que exista progreso continuo con el cambio de paradigma. El grupo cuyo paradigma resulta vencedor, obviamente considerará el resultado de la revolución como progreso y dado que repudian al paradigma anterior, esto se traduce en la reescritura de los libros de texto que tiende a distorsionar el desarrollo pasado de la disciplina. En consecuencia, el pasado se percibe como una línea recta que conduce hasta la situación actual y, en resumen, se ve como progreso.

Sin embargo, en una revolución científica hay *tanto* pérdidas como ganancias, aunque los científicos tienen tendencia a disimular las primeras. El progreso que ocurre durante las revoluciones es de un tipo particular y diferente al que estamos acostumbrados y que comúnmente ocurre en los períodos de ciencia normal que podría describirse como acumulativo. Las características que hacen de la comunidad científica un grupo particularmente productivo durante la actividad normal, determinan también la respuesta de la comunidad ante los debates paradigmáticos y revoluciones científicas. Un grupo de este tipo debe ver como progreso el cambio de paradigma. La comunidad científica es un instrumento muy eficiente para llevar acotar el

ámbito y el número de los problemas resueltos a través el cambio de paradigma. Los científicos se resistirán a adoptar un nuevo candidato a paradigma a menos que parezca capaz de resolver algún problema extraordinario y generalmente reconocido, que de ninguna otra forma pueda solucionarse, y que pueda preservar una parte relativamente grande de la habilidad concreta para la solución de problemas que la ciencia ha adquirido a través de sus paradigmas anteriores. Con esto, el grupo de especialistas científicos hará todo lo posible para garantizar el desarrollo continuado de los datos reunidos. En el camino, la comunidad sufrirá pérdidas y con frecuencia se eliminarán ciertos problemas antiguos, por lo que, si puede hablarse de progreso durante las revoluciones, este no será acumulativo. En general, como resultado de la instauración de un nuevo paradigma luego de la revolución, disminuye el alcance de los intereses profesionales de la comunidad, aumenta su grado de especialización y reduce sus comunicaciones con otros grupos, tanto de científicos como de profanos:

“Aunque es seguro que la ciencia aumenta en profundidad, no puede crecer en el mismo grado en anchura y, si lo hace, esa amplitud se manifestará principalmente en la proliferación de especialidades científicas y no en el alcance de alguna singular especialidad aislada.”

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 261).

De lo expuesto resulta que el progreso no es completamente lo que por lo general se define como tal, pero de manera inevitable, algún tipo de progreso debe caracterizar a las actividades científicas, en tanto dichas actividades sobrevivan. Entre las diferencias más importantes, la noción de que los cambios de paradigma llevan a los

científicos cada vez más cerca de la verdad, resulta inadecuada en las etapas revolucionarias. La inexistencia de fundamentos absolutamente estables (ya sean valores epistémicos, herramientas formales o enunciados de observación) para la evaluación de teorías/paradigmas, implica negar cualquier objetivo externo que dirija las decisiones, como sería la correspondencia con los hechos. No existe una meta, una explicación plena, objetiva y verdadera de la naturaleza, según la cual se evalúa la investigación científica en función de la cercanía a esa meta final. En el proceso del desarrollo las etapas sucesivas, desde los comienzos primitivos, se caracterizan por una comprensión cada vez más detallada y refinada de la naturaleza pero nada sugiere que sea un progreso *hacia* algo.

☞ En lo referente al progreso en la química en el período que nos ocupa, puede analizarse en los tres estadios: en el estado de preciencia que precede al paradigma del flogisto, durante el período de ciencia normal bajo la hegemonía del mismo y en la revolución que produce su abandono y el triunfo de Lavoisier.

A lo largo de su desarrollo, y más marcado en sus comienzos, la actividad química produjo una gran acumulación de conocimientos de carácter fundamentalmente empírico, relacionados a procedimientos y hechos. Sin embargo, el desarrollo de marcos teóricos que les dieran una interpretación y permitieran su organización fue bastante más lento, aún cuando ya la química era una disciplina madura. Este desfasaje entre práctica y teoría es casi total en el estado de preciencia y se va haciendo menos notorio en la medida que la ciencia va atravesando las distintas etapas evolutivas, de ciencia normal y revoluciones. Dado que Kuhn habla de progreso sin distin-

guir en los diferentes aspectos en los que puede haber progreso dentro de la actividad científica (fáctico, instrumental, teórico, etc.), se supone que está considerándolo globalmente, involucrando en él a todos esos aspectos. De esta manera, por más acumulación de (buena) información fáctica que pueda haberse producido en los inicios de la química, no puede hablarse de progreso en este caso.

Una vez que la química ha entrado en su madurez bajo los dictados del paradigma flogicista, la ciencia normal correspondiente es progresiva, y en el sentido tradicional del término, es decir, entre otras cosas, acumulativamente. La aplicación de la teoría del flogisto permitió explicar y unificar una serie de fenómenos químicos y brindó los elementos para que se encontrara la solución a nuevos problemas. Científicos prestigiosos investigaron dentro de este paradigma e hicieron aportes y descubrimientos muy significativos que aún hoy son parte del corpus de conocimientos de la química. En este sentido la ciencia bajo el paradigma del flogisto fue progresiva.

También la comunidad científica que trabajaba bajo la teoría flogicista cumplió bien su papel como generadora del cambio de paradigma ya que del desarrollo de la investigación normal surgieron las anomalías que, una vez percibidas, produjeron la crisis y la revolución que culminaría con el triunfo de un nuevo paradigma. Aunque la transición implicó significativas modificaciones de distinta índole, gran parte del conocimiento adquirido se preservó, en especial, fáctico e instrumental e indiscutiblemente, se generó nuevo conocimiento conceptual y teórico. Ejemplos de cada tipo se han dado en las discusiones anteriores. Hasta aquí, las ganancias. Sin embargo, como afirma Kuhn que ocurre en toda revolución, también hubo pérdidas. Se ha citado anteriormente el caso del estudio de las cualidades de las sustancias y sus modi-

ficaciones durante las reacciones químicas, que dejó de ser un tema de relevancia e incluso se abandonaron las soluciones logradas.

**Capítulo 3**

**LAKATOS: UN CAMBIO DE PROGRAMAS  
DE INVESTIGACION**

### 3.1- Programas de investigación científica<sup>1</sup>

En el ámbito de discusión generado por las propuestas de Karl Popper y Thomas Kuhn, Imre Lakatos postula una nueva unidad de análisis epistemológico que expresaría la modalidad típica del desarrollo de los grandes logros científicos. Más que una hipótesis o una teoría aisladas, considera que la actividad científica puede ser descrita desde una estructura a la que denomina **programa de investigación**, concibiéndola como una entidad compleja conformada por elementos diferenciables tales como:

- 1- un **núcleo duro**, constituido por el conjunto de las leyes o hipótesis centrales; dada la importancia de los mismos, no serían puesto en duda ni se abandonarían, cueste lo que cueste, por aquellos científicos comprometidos con el programa.
- 2- para evitar cualquier ataque a las hipótesis centrales, el núcleo duro está severamente protegido contra posibles refutaciones mediante un **cinturón protector**. Este cinturón está conformado por **hipótesis auxiliares**, ideadas especialmente para ser usadas toda vez que parezca que el núcleo sea víctima de una aparente refutación. En este sentido, el cinturón de seguridad es suficientemente flexible como para recibir los impactos de las contrastaciones; para defender a las teorías centrales estará sujeto a ajustes, reajustes e incluso po-

---

<sup>1</sup> En "La metodología de los...", Lakatos, 1983 [16], "Imre Lakatos..." ,Gaeta y Lucero, 1996 [17], "Las desventuras...", Klimovsky, 1994 [18].

drá ser completamente sustituido, permitiendo que la investigación prosiga sin necesidad de poner en duda el núcleo duro.

3- un programa de investigación consta también de **reglas metodológicas**; entre ellas, se diferencian aquéllas que establecen las rutas de investigación que deben ser evitadas de las que señalan los caminos que deben seguirse. La decisión metodológica por parte de los usuarios del programa de investigación de proteger al núcleo modificando hipótesis del cinturón protector, es decir, de hacerlo "irrefutable", es lo Lakatos denomina "**heurística negativa**". Esta regla indica qué es lo que no debe hacerse y asegura que las anomalías no afecten nunca al núcleo duro sino que se controlen desde el cinturón protector mediante el ajuste de hipótesis auxiliares observacionales y/o de las condiciones iniciales. Por último, y desarrollando una función muy importante, el programa de investigación cuenta también con una **heurística positiva**; ésta consiste en un conjunto, parcialmente estructurado, de sugerencias o pistas que tiene una doble función:

- indica qué transformaciones se deben realizar en el cinturón protector, para ampliarlo o complicarlo, para resolver las anomalías, anticiparlas, asimilarlas y transformarlas, de ser posible, en ejemplos corroboradores o evidencia positiva; a través de estos procesos es posible lograr cambios y desarrollos de "versiones refutables" *de las teorías del programa*.
- guía sobre cómo encauzar la investigación para solucionar problemas y lograr el descubrimiento de nuevos hechos.

Cabe destacar que, además de los problemas que ha logrado solucionar, un programa de investigación siempre incluye también aquellos problemas no solucionados y anomalías no asimiladas. La heurística positiva evita que el científico se pierda en el mar de anomalías, facilitando su orientación hacia la construcción de modelos simuladores de la realidad de creciente complejidad, ignorando los contraejemplos reales. Un modelo es considerado como un conjunto de condiciones iniciales, posiblemente en conjunción con algunas *teorías observacionales*; generalmente se espera que sea reemplazado en el desarrollo ulterior del programa por uno mejor, e incluso se sabe también cómo debe ser sustituido mediante la orientación de las reglas de la heurística positiva. Esta heurística de un programa de investigación se puede formular como un principio metafísico y, en general, es más flexible que la heurística negativa.

Es importante tener en cuenta que el núcleo duro constituye el componente relevante que otorga al programa de investigación sus particulares características sustentando su permanencia, pues no se modifica mientras los científicos estén comprometidos con él. En cuanto al proceso de desarrollo de la investigación de *un programa*, la selección racional de las cuestiones a abordar que realizan los científicos integrados *al mismo*, está determinada fundamentalmente por la heurística positiva y no por las anomalías; si bien éstas están siempre presentes, no constituyen el aspecto del programa del que el científico se ocupe excesivamente, a menos que se encuentre en una etapa degenerativa, como se verá más adelante. Las dificultades reales del científico teórico se originan, más que en las anomalías o refutaciones, en la complejidad de los modelos matemáticos involucrados en el programa. Mientras el

cinturón protector es modificado, expandido, complicado constantemente por la presión empírica (anomalías) pero, principalmente, por los dictados de la heurística, el centro duro permaneció intacto.

Analizando la historia de una ciencia desde estos parámetros, es posible distinguir una sucesión de diferentes programas de investigación que, a través del tiempo, ejercen su dominio durante cierto período para ser sustituidos luego por un nuevo programa, con un nuevo núcleo duro. Estos cambios suponen la ocurrencia de una situación de competencia en la que hay dos programas en disputa y cuyo resultado tiene que ver con que uno de ellos se muestra más eficaz para explicar *progresivamente* más hechos que el rival.

☞ Si asumimos la metodología de los programas de investigación científica que propone Lakatos para abordar el análisis del momento histórico en el desarrollo científico de la química, en el que Lavoisier pone en jaque al programa de investigación del flogisto, podemos identificar una situación que correspondería a la instancia de cambio entre programas de investigación. En principio, consideramos que tanto el programa de investigación del flogisto como el conjunto de hipótesis reunidas en la propuesta de Lavoisier constituyen, respectivamente, sendos **programas de investigación** en el sentido que Lakatos los define (teniendo en cuenta que el núcleo duro de ambos programas es diferente, como veremos más adelante). Además, se trata de programas temporalmente consecutivos, puesto que se da una sucesión histórica entre ellos.

El análisis permite distinguir, en ambas circunstancias, los elementos que caracterizan a un programa de investigación y que detallamos a continuación:

a) La teoría del flogisto como programa de investigación

a.1) - El *núcleo duro* del programa se configura a partir de las hipótesis acerca de las sustancias:

- su constitución; se sostiene que la misma responde a tres principios que le otorgan sus propiedades: cal, mercurio y flogisto.
- sus combinaciones; al respecto, se considera que el flogisto se transfiere durante las reacciones químicas de combustión, calcinación y respiración.

La idea de los principios constitutivos de las sustancias tenía su origen remoto en las nociones aristotélicas de los elementos; esta concepción reaparece en varios de los intentos de dar cuenta de los fenómenos químicos, desde ciertos supuestos teóricos, en el ámbito de la alquimia y la iatroquímica. De acuerdo a esto, el programa de investigación del flogisto podría considerarse como una de las versiones de un programa de investigación antiguo, cuyo origen estaría ubicado en la época en que aparecen las primeras teorías específicas acerca del cambio químico, alrededor del siglo XIII, y cuyo antecesor más directo sería la propuesta de los tres principios de Becher. Sin embargo, el flogisto como concepto y su participación en las reacciones químicas aparecen recién en la propuesta de Stahl; en consecuencia, estas tesis ahora cen-

trales, no habrían estado incluidas en el núcleo duro de algún programa anterior y por lo tanto, no se trataría del mismo programa. En adelante, entendemos que el programa de investigación flogicista es aquél iniciado por Stahl a principios del siglo XVIII.

a.2)- Respecto a la *heurística positiva* del programa, es posible reconstruir los enunciados que podrían expresar algunas de sus reglas analizando el tipo de problemas que trataba la teoría y la respuesta de los científicos frente a las anomalías a las que fue confrontado el programa a lo largo de su existencia. Como ya fue mencionado en el punto 2.1 del Capítulo 2, los problemas que abordaban los químicos a principios del siglo XVIII se relacionaban al conocimiento *cualitativo* de las propiedades de las sustancias y sus combinaciones, con el fin de establecer cómo obtener nuevas sustancias con determinada conjunción de propiedades. El diseño y la interpretación de sus experimentos para el tratamiento de estos problemas se basaban en las referidas hipótesis del núcleo duro. Paralelamente, la presencia de anomalías dentro del programa, como por ejemplo, el aumento de peso que sufrían ciertas sustancias durante la combustión o el papel desempeñado por los gases en las reacciones químicas, llevó a la construcción de un cinturón de hipótesis auxiliares que salvara al programa de investigación del flogisto de estas contradicciones. Entre las hipótesis propuestas en particular para estas anomalías, pueden enumerarse las siguientes (punto 2.2, Capítulo 2):

- los conceptos de peso y masa no son relevantes para la química.

- el aumento de peso era un hecho aislado, porque muchas otras sustancias disminuyen de peso.
- el flogisto puede tener peso negativo.
- el flogisto es una sustancia que no es atraída hacia el centro de la tierra por la gravedad.
- durante la calcinación de una sustancia (rica en flogisto) en aire deflogistizado (pobre en flogisto), la primera libera flogisto que es absorbido por el aire en una cantidad limitada, tal que cuando se satura no puede mantenerse la combustión.
- la combustión ocurre más rápidamente en aire deflogistizado que en aire atmosférico porque este último ya contiene algo de flogisto.

De acuerdo a estos dos aspectos, podemos inferir que, además de indicar las cuestiones a ser resueltas, la heurística positiva:

- señalaba la relevancia de los aspectos cualitativos de los problemas en desmedro de las relaciones *cuantitativas*.
- inhibía el estudio de variables ponderables o cuantitativas.
- exigía categorizar una sustancia como rica o pobre en flogisto.
- propiciaba las experiencias tendientes a eliminar el flogisto de sustancias ricas en él (deflogistizar la sustancia) así como aquellas destinadas a pesarlo, embotellarlo o aislarlo.

- indicaba como criterio para interpretar los cambios químicos el de establecer ganancia o pérdida de flogisto, así como determinar las propiedades de las sustancias en función de la cantidad de flogisto que contenían.
- desalentaba la aplicación de conceptos de la física en el estudio de los cambios químicos.

Por último, la respuesta de los científicos ante los contraejemplos del programa de investigación del flogisto y la existencia de un cinturón protector bastante abultado evidenciarían que comunidad habría respondido satisfactoriamente al mandato de la heurística negativa de no afectar al núcleo duro.

b) La propuesta de Lavoisier como programa de investigación

En un sentido análogo al análisis anterior, puede implementarse la descripción del desarrollo de la química que responde a la iniciativa de Lavoisier bajo la modalidad de un *programa de investigación*, respondiendo a las siguientes características:

b.1)- La amplitud y riqueza de los aportes de Lavoisier, unidos a la dificultad de configurarlos en un conjunto reducido de hipótesis, generan dificultades para identificar con precisión los componentes del *núcleo duro* de su programa de investigación. La propuesta abarca diferentes niveles de la disciplina ya que sus hipótesis tienen que ver con aspectos sistemáticos, metodológicos, instrumentales, incluyendo también

decisiones con relación a cuestiones ontológicas. No obstante, puede distinguirse un grupo de tesis que integrarían el núcleo duro, como por ejemplo:

- las sustancias están constituidas por principios que pueden recombinarse en las reacciones químicas.
- las sustancias químicas están jerarquizadas según un orden natural (principio taxonómico).
- el gas oxígeno se absorbe durante las reacciones de calcinación, combustión y respiración, uniéndose a otra sustancia.
- el axioma de conservación de la masa.
- las definiciones de sustancias simples y compuestas.

Como resulta evidente, este núcleo duro aún preserva de los programas anteriores el supuesto de que los principios constituyen los componentes fundamentales de la sustancia. La novedad principal, en cambio, radica en el modo de interpretar las reacciones químicas. Los dos últimos ítems de la lista anterior son ejemplos de los supuestos metodológicos que están en la base de la propuesta original de Lavoisier.

b.2) -Los problemas en los que se concentran los científicos que trabajan dentro del programa de Lavoisier, definidos por la *heurística positiva*, se relacionan con la búsqueda de nuevos elementos y de explicaciones *cuantitativas* de las reacciones químicas de combinación y descomposición; el marco en el que se desarrollan estas indagaciones se orienta en dirección del programa de Newton. Además de definir

este tipo de problemas, puede reconocerse en la heurística positiva del programa el constituirse como fuente de reglas metodológicas, entre las que pueden mencionarse:

- el énfasis en el estudio de variables cuantitativas o ponderables tales como la masa, junto a variables cualitativas como eran los principios.
- el establecimiento de definiciones prácticas tales como:
  - sustancia material
  - sustancia simple y compuesta
  - cambios químicos
  - cambios físicos
  - cambios de estado
  - sistematización de reglas para denominar las sustancias
- la consideración de los gases y el calórico en el cómputo de las masas en las reacciones químicas.

Dado que el desarrollo histórico presentado llega hasta el establecimiento del programa de Lavoisier pero no incluye su posterior desarrollo, no se aborda la determinación de las hipótesis auxiliares que seguramente fueron elaboradas posteriormente por los químicos para salvar al núcleo de posibles refutaciones. Esto repercute también en la composición del cinturón protector y de las reglas de la heurística positiva para el tratamiento de las anomalías y consecuentemente en la posibilidad de su análisis.

### 3.2- Cambios en los programas de investigación<sup>2</sup>

Lakatos establece una distinción al referirse a los **cambios** que ocurren durante el desarrollo de la investigación en un ámbito científico; caracteriza dos diferentes tipos:

- a) el cambio puede producirse *dentro* del programa de investigación; ello implica el reemplazo de una teoría perteneciente al programa, por otra; en este caso, el proceso se desarrolla en el marco del cinturón protector.
- b) el cambio resulta de la competencia *entre* programas de investigación; en este caso, la transformación implica el reemplazo del núcleo duro.

Es importante señalar que, desde la perspectiva de Lakatos, los cambios mencionados no se producen como consecuencia de que la teoría en cuestión haya resultado refutada; tampoco es la resultante de una crisis producida por la acumulación de anomalías sin resolver; por el contrario, se trata de un proceso que define un pasaje desde programas de investigación **regresivos** a programas **progresivos**, cuyos indicadores no son precisamente refutaciones o un incremento de anomalías. Por otra parte, la transición entre dos momentos de un programa ocurre en forma continua, sin rupturas. Sin embargo, el cambio entre programas tiene las características de una revolución y, por lo tanto, constituye una ruptura discontinua.

Para el cambio entre teorías dentro de un mismo programa, Lakatos propone un análisis que responde a los lineamientos del "falsacionismo sofisticado"; de este mo-

---

<sup>2</sup> En "La metodología de los...", Lakatos, 1983 [16].

do, se establecen en primer término las condiciones de aceptación o rechazo de una teoría, consistentes en:

- una teoría  $T'$  es "aceptable" sólo si tiene un excedente de contenido empírico corroborado *con relación a su predecesora (o rival)  $T$* ; esto es, si conduce al descubrimiento de nuevos hechos. Esto implica:
  - 1) que la nueva teoría tenga excedente de contenido empírico ("*aceptabilidad<sub>1</sub>*").
  - 2) que una parte de ese excedente de contenido resulte verificado ("*aceptabilidad<sub>2</sub>*").

El primer requisito puede confirmarse inmediatamente mediante un análisis lógico *a priori* mientras que el segundo sólo puede constatarse empíricamente; esta condición puede requerir un tiempo indefinido para su implementación.

- una teoría científica  $T$  queda "falsada" sí y sólo si otra teoría  $T'$  ha sido propuesta y cumple con las siguientes condiciones:
  - 1)  $T'$  tiene un excedente de contenido empírico con relación a  $T$ , esto es, predice hechos nuevos, improbables o incluso excluidos por  $T$  o bien explica hechos ya conocidos pero que  $T$  no explica.
  - 2)  $T'$  explica el éxito previo de  $T$ , es decir que todo el contenido no refutado de  $T$  está incluido (dentro de los límites del error observacional) en el contenido de  $T'$ .
  - 3) una parte del excedente de contenido de  $T'$  resulta corroborado.

Una teoría científica se evalúa especialmente en unión con sus predecesoras, y, eventualmente junto a sus hipótesis auxiliares, condiciones iniciales, etc., de forma de poder apreciar la clase de cambio que la originó. Por lo tanto, lo que se evalúa es una *serie* de teorías y no una teoría aislada (esto es, un programa de investigación).

Tomemos una serie de teorías:  $T_1, T_2, T_3, \dots$ , en la que cada teoría se obtiene añadiendo cláusulas auxiliares, o mediante reinterpretaciones semánticas de la teoría previa, con el fin de acomodar alguna anomalía, y de forma tal que cada teoría tenga, al menos, tanto contenido empírico como el contenido no refutado de sus predecesoras. Se establece que una serie tal de teorías es “**teóricamente progresiva**”, o que constituye un cambio teórico progresivo de teorías dentro de un programa, si cada nueva teoría  $T_i$  tiene algún excedente de contenido empírico con respecto a su predecesora, es decir, si predice algún hecho nuevo e inesperado hasta entonces. Se dice que una serie de teorías teóricamente progresiva es también “**empíricamente progresiva**”, o que constituye un cambio empíricamente progresivo de teorías dentro del programa, si una parte del excedente de contenido empírico resulta, además, corroborado; esto es, si cada nueva teoría  $T_i$  induce el descubrimiento *real* de algún *hecho nuevo* o explica algún hecho ya conocido pero no interpretado por su predecesora. Por último, se llama “**progresivo**” a un cambio de teoría dentro de un programa, si dicho cambio es progresivo teórico y empíricamente, y “**regresivo**” si no lo es. Cuando una teoría de la serie ha sido superada por otra con mayor contenido corroborado, se considera a la primera falsada. Sólo se aceptará como científicos los cambios de teoría dentro de un programa si, por lo menos, dichos cambios son teóricamente progresivos; si no lo son, se rechazan como pseudocientíficos. Enton-

ces, el progreso se mide por el grado en que un cambio de teoría dentro de un programa es progresivo, es decir, por la medida en que la serie de teorías origina descubrimientos de hechos nuevos.

Las series de teorías más relevantes en el crecimiento de un ámbito científico se caracterizan porque se da cierta continuidad que relaciona a sus miembros que se origina *dentro* de un programa de investigación. Los cambios de teoría dentro de un programa que conducen a tal serie definirán el carácter progresivo o regresivo del mismo. Si los cambios de teorías son progresivos, el programa será progresivo y en su desenvolvimiento llevará a descubrir hechos nuevos hasta entonces desconocidos o a explicar hechos conocidos que no habían podido ser, hasta el momento, interpretados. Podría decirse que la teoría se adelanta a los hechos. Por el contrario, aquellos programas en los que se producen cambios internos de teorías regresivos, son también regresivos y las teorías son fabricadas sólo para *acomodar* los hechos ya conocidos. Las hipótesis en este caso son manufacturadas tras los hechos con el objeto de proteger al núcleo duro. Si la teoría se retrasa con relación a los hechos, significa que estamos en presencia de programas de investigación pobres y degenerativos. De esta manera, lo que realmente importa como distintivo del **progreso** en los programas de investigación y, en consecuencia, en la ciencia, es el **excedente de contenido empírico** entre vecinos en una sucesión. Esto significa que son las predicciones dramáticas, inesperadas, grandiosas y no las verificaciones triviales ni las refutaciones, que no indican un fracaso empírico, las que marcan el progreso en el desarrollo de una ciencia.

Lakatos considera que en el transcurso de su desarrollo, un programa de investigación tendrá que confrontar seguramente numerosos contraejemplos. Para lograr superar la contradicción entre la teoría previa y el contraejemplo, se elabora una nueva teoría dentro del mismo programa y que involucra al cinturón protector. En el mejor de los casos, el cambio resulta progresivo. Sin embargo, muchas otras veces los científicos apelarán a hipótesis *ad-hoc* que no son empíricamente progresivas. Ante la posibilidad del recurso a las hipótesis *ad-hoc*, tiene importancia distinguir entre ellas diferentes tipos, algunos más recomendables que otros:

- 1) aquéllas que sólo ofrecen una reinterpretación, eminentemente lingüística, que no tiene excedente de contenido empírico, ni tiene evidencia independiente de la que se quiere resolver; en este caso la contradicción sólo queda resuelta en forma semántica.
- 2) aquéllas que ofrecen una explicación que produce un incremento de contenido, pero éste no puede confirmarse empíricamente.
- 3) aquéllas que aumentan el contenido, que puede ser confirmado empíricamente pero, eventualmente, entra en conflicto con el núcleo duro; en este caso la hipótesis sólo se usa instrumentalmente hasta encontrar una más satisfactoria.

Los dos primeros tipos de hipótesis *ad-hoc* son consistentes con el progreso de un programa, mientras que las hipótesis del tercer tipo deben evitarse.

Desde estos criterios de análisis, se considera que un programa de investigación tiene éxito si su desenvolvimiento conduce a cambios progresivos; fracasa si conduce a cambios regresivos y en este caso, el compromiso de los científicos con el pro-

grama se debilita, lo que conduce hacia un cambio de programa. Mientras aumente el contenido empírico corroborado es posible decidir, racionalmente, que no se permitirá que las refutaciones transmitan la falsedad al núcleo duro. Pero cuando esta maniobra deja de anticipar hechos nuevos, es decir, cuando el programa se vuelve degenerativo, el núcleo duro puede derrumbarse y ser abandonado<sup>3</sup>. No obstante, para que esto suceda debe haber un programa de investigación alternativo y una competencia entre el programa anterior y el nuevo, es decir, una revolución científica. Cuando esto ocurre y tenemos dos programas de investigación rivales, uno de los cuales progresa mientras que el otro degenera, los científicos tienden a alinearse con el primero. En general, un programa que resulta regresivo en un momento de su desarrollo, se reemplazará por uno que parezca, en esas circunstancias, progresivo.

La idea de programas de investigación en competencia lleva a plantearse el interrogante sobre el modo en que un programa es eliminado, tratando de identificar cuáles son las razones que llevan a los científicos a abandonar un programa a favor de otro. La **razón objetiva** por la cual se rechaza un programa de investigación, es la existencia de un programa de investigación rival que explica el éxito previo de su contrincante y lo supera mediante un despliegue adicional de poder heurístico. De este modo, se considera que la revolución científica constituye una decisión racional, en cuanto los motivos que la resuelven son de naturaleza lógica o empírica, respondiendo a consideraciones referidas a la eficacia en el descubrimiento y en la solución de problemas.

---

<sup>3</sup> El derrumbe del núcleo duro no implica su refutación. El núcleo duro no puede ser refutado, lo impide la heurística negativa; cuando el programa se vuelve regresivo el núcleo se abandona.

Las revoluciones científicas no se producen en forma repentina. Cuando coexisten dos programas de investigación en competencia, en las primeras instancias de la confrontación sus modelos normalmente se ocupan de diferentes aspectos del dominio. Conforme se expanden ambos programas, gradualmente penetran uno en el territorio del otro hasta que la  $n$  versión de uno de ellos es inconsistente de forma flagrante y dramática con la versión  $m$  del otro. En estas circunstancias se realiza repetidamente un experimento y según sus resultados, alguno de ellos ganará esa batalla. Pero la guerra no ha terminado, a cualquier programa se le permiten derrotas como ésta. Todo lo que necesita es producir una versión acrecentadora de contenido y una verificación de una parte de su contenido nuevo. Si esto ocurre, habrá un nuevo enfrentamiento, pero si tras continuados esfuerzos el contraataque no se produce, la guerra se ha perdido y el experimento original se considera *retrospectivamente* como crucial. Aún si el programa derrotado es un programa antiguo y "gastado", próximo a su punto de saturación natural, puede continuar resistiéndose durante mucho tiempo, defendiéndose con ingeniosas innovaciones acrecentadoras de contenido aun cuando éstas no obtengan la recompensa del éxito empírico. No es deshonesto por parte de los científicos aferrarse a un programa en regresión e intentar convertirlo en progresivo; la crítica a un programa de investigación puede ser un proceso lento y a menudo frustrante.

Si se analiza un programa de investigación en sus etapas iniciales, es probable que sus primeras versiones sólo se apliquen a casos ideales inexistentes; puede consumir décadas de trabajo teórico el llegar a los primeros hechos nuevos. Aún más tiempo puede tomar el asimilar numerosas refutaciones antes de que ninguna hipó-

tesis auxiliar ingeniosa, afortunada y de mayor contenido empírico, convierta a esa cadena de derrotas en lo que luego, retrospectivamente, se considerará como una resonante historia de éxitos, bien mediante la revisión de algunos hechos falsos o mediante la adición de nuevas hipótesis auxiliares. Como fue mencionado, mientras que el progreso teórico puede ser verificado inmediatamente, no sucede lo mismo con el progreso empírico y la novedad fáctica a veces puede apreciarse sólo cuando ha transcurrido un largo espacio de tiempo. La interacción entre el desarrollo del programa y las restricciones que imponen los hechos puede ser muy diversa y la pauta que se cumpla en la realidad sólo depende de accidentes históricos. Por eso, no hay que eliminar un programa de investigación en crecimiento porque no ha conseguido superar, por el momento, a su poderoso rival establecido. Es decir, la metodología de los programas de investigación no ofrece una *racionalidad instantánea* sino que pueden transcurrir décadas antes de que los programas despeguen del suelo y se hagan empíricamente progresivos. Por lo tanto, hay que tratar a los programas en crecimiento sin excesiva severidad.

El requisito empírico para que una serie de teorías y el programa correspondiente sean progresivos es que produzcan hechos nuevos, con lo cual la idea de crecimiento y la noción de carácter empírico quedan fusionadas. No se exige que cada paso o eslabón sucesivo en el desarrollo del programa produzca *inmediatamente* un nuevo hecho, sino que cada etapa incremente el contenido de forma consistente y que ocasionalmente se aprecie *retrospectivamente* que el incremento de contenido ha sido corroborado. Para consideraciones acerca del progreso no interesan los miles de casos triviales de verificación, ni los cientos de anomalías; lo decisivo son los

pocos y cruciales casos de *verificación* del excedente. Lo que incita la actividad científica febril es la proliferación de teorías y no los contraejemplos o anomalías. El falsacionismo sofisticado pide que se intenten ver las cosas desde diferentes puntos de vista, que se propongan otras teorías que anticipen hechos nuevos y que se rechacen las teorías que han sido superadas por otras más poderosas. Aprender de una teoría es fundamentalmente aprender qué hechos nuevos anticipó; la única evidencia relevante es la anticipada por una teoría y el carácter empírico y el progreso teórico están inseparablemente relacionados.

Incluso en los programas que progresan de forma rápida y consistente nunca desaparecen completamente las anomalías. Se las digiere de modo fragmentario a través de modificaciones en el cinturón protector, el cual se va construyendo según una política u orden de investigación establecida en mayor o menor medida en la heurística positiva del programa. Ningún experimento, informe experimental, enunciado observacional o hipótesis falsadora de bajo nivel puede originar por sí misma la falsación de un programa de investigación. Los experimentos cruciales no parecen tener demasiada fuerza para destruir instantáneamente un programa de investigación, aunque pueden tener alguna función en la sucesión de versiones subsiguientes del mismo programa. Un científico apresurado puede pretender que su experimento derrotó a un programa y puede suceder que algunos sectores de la comunidad científica acepten esta pretensión. Pero si un científico del campo derrotado propone unos años más tarde una explicación científica del experimento supuestamente crucial acorde con el programa supuestamente derrotado, el título honorífico puede ser retirado y el experimento crucial puede convertirse en una nueva victoria del programa.

La racionalidad funciona con lentitud y de forma más falible. La consideración de un experimento como crucial depende de la clase de conflicto teórico en que está involucrado, lo cual puede cambiar la interpretación y evaluación del propio experimento. La falsación tiene entonces un carácter histórico y los experimentos cruciales sólo se reconocen después del acontecimiento, a la luz de alguna teoría superadora.

Otro aspecto del desplazamiento de programas que considera Lakatos es el hecho de que, aún si un programa es abandonado en un determinado contexto histórico, este dictamen no es absoluto. Algunos casos muestran que un programa abandonado en un momento puede resurgir más adelante, como ocurrió por ejemplo con el atomismo. Entonces, el reemplazo de un programa regresivo por uno progresivo tiene un carácter relativo; nadie ni nada pueden asegurar que con el transcurso del tiempo un programa regresivo en el momento actual, no pueda reaparecer más adelante, adquiriendo nuevamente un carácter progresivo.

Normalmente el investigador deja las anomalías de lado y actúa según la heurística positiva de su programa, con la esperanza de que los "casos recalcitrantes" se transformen en ejemplos confirmatorios a medida que progrese el programa. Como se ha especificado, lo que determina la elección de problemas es la heurística positiva y no las anomalías, más aún las estrategias ocasionales *ad-hoc* para asimilar tales anomalías, pueden ser consistentes con el progreso; siempre es posible para un científico solucionar problemas de este tipo realizando ajustes adecuados en su programa. Con ingenio suficiente, y con algo de suerte, cualquier teoría incluso si es falsa puede ser defendida progresivamente durante mucho tiempo. Los científicos no son irracionales cuando tienden a ignorar los contraejemplos y siguen la secuencia

prescrita por la heurística positiva elaborando sus teorías sin tenerlos en cuenta; con frecuencia y racionalmente pretenden que los resultados experimentales no son fiables o que las discrepancias que se afirman que existen entre los resultados experimentales y la teoría sólo son aparentes confiando en que desaparecerán con el avance de nuestro conocimiento. Así, se va construyendo el cinturón protector de hipótesis auxiliares, en gran medida, de acuerdo a una idea unificadora preconcebida, establecida anticipadamente en la heurística positiva. Sólo cuando los cambios de teorías se han vuelto regresivos se debilita la fuerza impulsora de la heurística y se presta más atención a las anomalías. Sólo en esta fase regresiva de un programa los científicos se ven obligados a redoblar su atención a las anomalías.

Lakatos estima que la reconstrucción del desarrollo de la ciencia como un proceso caracterizado por una proliferación de programas de investigación rivales y de cambios teóricos progresivos y regresivos dentro de cada programa, suministra una descripción de la empresa científica adecuada a su realidad. Además, la propuesta proporciona un nuevo criterio de demarcación desde la caracterización de dos instancias: ciencia madura y ciencia inmadura. Como rasgos esenciales de la ciencia madura, se incluye su desarrollo en el marco programas de investigación desde los cuales no sólo explican hechos conocidos no interpretados sino también anticipa hechos nuevos y, en un sentido importante, teorías auxiliares nuevas; ello significa que cuenta con "poder heurístico". La ciencia inmadura, por el contrario, procede a través de secuencias inconexas, remendadas de ensayos y errores, implementando y aplicando hipótesis auxiliares meramente formales y arbitrarias.

☞ Si analizamos desde la perspectiva de Lakatos la transición entre el programa del flogisto y el de Lavoisier, ésta puede ser asimilada al proceso de sustitución de un programa regresivo por uno progresivo; se trataría entonces de una revolución científica producida por la competencia entre ambos programas que culmina, consecuentemente, con el triunfo del programa más eficiente. Trataremos de establecer las características que permiten afirmar que el programa de investigación del flogisto se encontraba en una fase regresiva mientras que la propuesta de Lavoisier permite reconocer un programa en progreso.

Podemos sostener que en sus comienzos, el programa flogicista fue realmente progresivo. En sus primeras etapas evolutivas logró explicar sucesivamente los cambios químicos más estudiados tales como la combustión, la calcinación y la respiración; también permitió dar cuenta de algunas de las observaciones ligadas a tales cambios, por ejemplo, la evolución de luz o calor, la inercia química de los residuos, la aceleración por la presencia de "aire deflogistizado", además de varias de las propiedades de las sustancias tales como la similitud de los metales, la combustibilidad, la acidez, etc. Por otra parte, su contenido empírico se incrementaba y podía ser corroborado, al menos en su mayor parte; de este modo, es posible afirmar que el programa progresaba tanto en el aspecto teórico como en el empírico.

Sin embargo, el programa no carecía de anomalías, incluso desde sus inicios, dado que ya en el siglo XVII se sabía del incremento de peso que sufrían ciertos metales cuando eran calcinados; ello coincidiría con la afirmación de Lakatos respecto a los programas de investigación:

“Todos ellos, en cualquier etapa de su desarrollo tienen problemas no solucionados y anomalías no asimiladas. En este sentido todas las teorías nacen refutadas y mueren refutadas”.

Lakatos, “La Metodología de los programas de investigación científica” (en [16], pág. 14)

Tomando el contraejemplo anterior en particular y con los datos históricos presentados, no es posible seguir la secuencia de las hipótesis que se plantearon para asimilarlo. Lo que puede afirmarse es que cada una de ellas integraría, junto con el resto de supuestos, hipótesis auxiliares y condiciones iniciales, una de las teorías de la serie generadas por sucesivos cambios dentro del programa flogístico. Posiblemente en las primeras décadas de vida del programa, los científicos tendieran a ignorar este problema basados en las hipótesis de que este tipo de cuestiones no era relevante para la química o de que sólo eran casos aislados puesto que en muchas sustancias ocurría lo contrario. Posteriormente, a mediados del siglo XVIII, los hechos demandan una definición más clara que permita distinguir entre los entes materiales e inmateriales; también las cuestiones acerca del peso adquieren relevancia, por lo que el problema referido a la naturaleza y el peso del flogisto reclama una mayor clarificación. Bajo esta presión, y teniendo que defender al flogisto como sea, aparecieron quizá los supuestos más audaces como el que postula el peso negativo o la hipótesis de la antigravedad.

El análisis de estas hipótesis, muestra que ninguna de ellas permite explicar algo más que los hechos a partir de los cuales surgen, a excepción de las últimas que podrían ofrecer razones para dar cuenta por qué una llama se eleva. Es posible que

ni siquiera pudieran establecer con precisión las condiciones iniciales en las que el peso del flogisto era negativo o cuando no lo era. Tampoco cuenta, ninguna de ellas, con un excedente de contenido empírico por lo que puede calificárselas como hipótesis *ad-hoc* del primer tipo, es decir, aceptables en el desarrollo de un programa, pero indicativas de una fase regresiva. Algo semejante ocurre con el tratamiento de las otras refutaciones conocidas referidas al programa de investigación del flogisto. En consecuencia, la serie de teorías y los cambios de los que resulta no son progresivos ni siquiera en sentido teórico, por lo que el programa para ese entonces puede ser considerado como regresivo (segunda mitad del siglo XVIII). No obstante, a pesar de los agudos ejemplos contrarios, el programa flogicista siguió su marcha por lo menos medio siglo más, considerando la desaparición de sus principales defensores, tales como Priestley y Cavendish. Ello, quizá, gracias a la fuerte oposición que presentaron estos científicos a la posibilidad de abandonar el programa implementando la presentación de sucesivos *contraataques* tendientes a lograr poner a salvo el programa de investigación del flogisto.

La determinación del carácter progresivo del programa de Lavoisier, por lo menos en sus inicios, es decir, cuando reemplaza al programa flogicista, requeriría establecer que los cambios de teorías dentro del programa eran progresivos. Sin embargo, la información histórica presentada no avanza en la evolución de este programa y, por lo tanto, no pueden establecerse fehacientemente las características de las transiciones entre distintas versiones del programa. No obstante, la comparación con el programa anterior, la enumeración de sus logros y la proyección de gran parte de sus hipótesis a la química actual, hacen pensar que este programa fue progresivo en el

momento en que reemplaza al programa flogicista regresivo. Respecto a estos puntos podemos destacar que:

- 1) la propuesta de Lavoisier predice hechos nuevos o bien, hechos conocidos pero no interpretados por el programa de investigación del flogisto entre los que podemos citar:
  - el carácter elemental de los metales por una parte, y el de compuestos de los calcinados y del agua por la otra; ambos son hechos excluidos por la teoría flogicista y, más aún, contrarios a ella; precisamente, los mismos pueden ser explicados por Lavoisier estableciendo que el metal se combina con el oxígeno para dar el calcinado.
  - la participación del oxígeno en las reacciones de combustión, calcinación y respiración se manifiesta como un hecho completamente nuevo e inesperado.
  - la posibilidad de la ocurrencia de reacción química entre gases permitió, interpretando el experimento de Cavendish, inferir el carácter compuesto del agua.
  - el aumento de peso de los productos de algunas reacciones de combustión, hecho conocido desde el siglo XVII sin haber logrado una interpretación adecuada en el marco del programa de investigación del flogisto, encuentra ahora una explicación más satisfactoria desde la postulación de la formación de una nueva sustancia compuesta.
  
- 2) los logros del programa de investigación del flogisto están incluidos en el programa de Lavoisier: excepto las explicaciones ligadas al flogisto propiamente di-

cho (lo cual es bastante) el resto del conocimiento fáctico, teórico e instrumental se mantiene, siendo algunos de sus ejemplos los siguientes:

- se mantiene la idea de que los principios forman parte de las sustancias, aunque con algunas variantes, como lo demuestran las reglas para la nomenclatura.
  - los numerosos gases descubiertos (no así sus nombres).
- 3) una parte del contenido de la propuesta de Lavoisier resultó corroborada; de tal modo, todos los ejemplos del punto 1) son actualmente parte del cuerpo de conocimientos de la química, por lo cual en algún momento, ya sea por el propio Lavoisier o por algún otro químico, fueron confirmados por evidencia independiente. Por ejemplo, para confirmar el carácter compuesto de las calces basta con invertir la reacción de calcinación a alta temperatura (es decir, producir la reducción del metal) como hizo precisamente Lavoisier.

En consecuencia, es posible sostener que la revolución producida en la química por el que suele llamarse “el padre de la química moderna” constituye un cambio desde un programa regresivo a un progresivo. La superioridad heurística del nuevo programa es lo que definiría que, tarde o temprano, todos los científicos estén trabajando en este programa.

El fracaso del programa flogicista lo produce su incapacidad para predecir nuevos hechos, limitada a tratar de fabricar hipótesis auxiliares heurísticamente estériles. Sin embargo, como Lakatos refiere y ya se adelantó, llevó tiempo hasta que el programa fue totalmente abandonado. Es decir, hubo un período de coexistencia “no-pacífica”

en la que los contrincantes atacaron y contraatacaron hasta que el flogisto perdió la guerra. Los experimentos de Lavoisier con el calcinado de mercurio con los que comienza el ataque frontal al flogisto y el de Priestley con el calcinado de plomo, con el que pretende desacreditar las hipótesis del primero, ejemplifican cómo la atención en ambos programas se centra sobre un dado tipo de experimento (en este caso, la calcinación de metales y/o su reducción). Muestran, además, las sucesiones ataque-contra-ataque que se dan durante la competencia. Las explicaciones que se daban al experimento de Priestley desde una y otra posición eran completamente opuestas: donde una veía pérdidas, otra veía ganancias. Analizado en ese momento, puede considerarse que Priestley logró su cometido y puso los tantos empatados. Dos años más tarde el mismo experimento volvió a resurgir cuando Priestley detectó el agua extra, que puede interpretarse consistentemente desde el programa de Lavoisier, pero no con las tesis del flogisto. Sin embargo volvió al contraataque, invocando una nueva hipótesis *ad-hoc* sin ningún poder heurístico. Ninguna de las estrategias de Priestley fue "genuinamente" salvadora del flogisto y en cada ataque-contraataque éste se debilitaba cada vez más. Finalmente, y pese al ingenio y persistencia de algunos, el programa del flogisto, agotado, no pudo resistir más embates y sucumbió. Pero para esto había transcurrido tiempo, cerca de dos décadas desde el inicio de la reforma de Lavoisier en 1773.

El nuevo programa instaurado tuvo un gran impacto en el desarrollo de la química y, visto retrospectivamente, no hubo que esperar demasiado para obtener resultados exitosos. Si bien tuvo que defenderse de los contraataques flogicistas, y al principio sus logros no habrán sido apreciados, por lo menos desde el sector reaccionario, su

poder heurístico fue demostrado desde sus inicios. Seis años después de la publicación de su memoria que marca el inicio de la lucha contra el flogisto, el programa rinde un resonante fruto al explicar el experimento de Cavendish y establecer la naturaleza compuesta del agua.

### 3.3 – Historia interna y externa<sup>4</sup>

Lakatos propone una manera particular de concebir la historia de la ciencia para la articulación de su análisis epistemológico, basándose en la distinción entre lo que denomina “**historia interna**” e “**historia externa**” de la ciencia; la demarcación entre una y otra resulta diferente en cada historiografía. La historia interna de una disciplina se configura a partir de aquéllas variables que se declaran pertinentes para el análisis de cuestiones metodológicas relacionadas, por ejemplo, con el cambio de teorías y programas en un momento determinado. Pero hay otros factores que no provienen del ámbito específicamente científico y que, no obstante, pueden promover o impedir el cambio de teorías o entre programas, a los que Lakatos incluye dentro de la historia externa, por ejemplo, las ideologías, los prejuicios y, en general, ciertos factores culturales, económicos y sociales. Al establecer estos límites se incluyen como internos muchos problemas que son externos para otras historiografías.

Cada reconstrucción racional produce un patrón característico del crecimiento racional del conocimiento científico. Puede ocurrir, no obstante, que ciertas reconstruc-

---

<sup>4</sup> En “La metodología de los...”, Lakatos, 1983 [16].

ciones normativas demanden el aporte de cuestiones externas para explicar los factores residuales no racionales; seguramente, la historia de la ciencia siempre es más rica que su reconstrucción racional. Pero la reconstrucción racional o historia interna es lo principal; la externa es secundaria puesto que sus problemas más importantes serían definidos por la historia interna. La historia externa suministra explicaciones no racionales que atañen al ritmo, localización, selectividad, etc. de los acontecimientos históricos interpretados en términos de la historia interna o bien suministra una explicación empírica de tal divergencia. Como criterio normativo, al construir la historia interna deberán omitirse aquellos aspectos que no respondan al criterio sustentado por la teoría de la racionalidad asumida. La historia de la ciencia es una historia de acontecimientos seleccionados e interpretados normativamente.

☞ El cambio de programa que estamos analizando ocurrió en gran medida, según la visión de la epistemología de Lakatos, por razones puramente científicas o racionales. Ya se ha citado la repercusión que tuvo el programa de Lavoisier, que fue adoptado rápidamente por sus colegas más cercanos y gradualmente por el resto de la comunidad científica, a excepción de los casos de algunos químicos de prestigio, muy comprometidos con el flogisto y reiteradamente mencionados. Según Lakatos, debió existir una razón objetiva por la que la mayoría de los científicos abandonaron el antiguo programa para pasarse a las filas de Lavoisier, que sería el excedente de contenido empírico corroborado de este último programa. En esto reside la racionalidad del cambio y corresponde a la historia interna del mismo. La mayor capacidad heurística del programa de Lavoisier es indiscutible en un análisis retrospectivo y es

posible que esto haya sido percibido por los químicos que lo siguieron tempranamente dado que, como ante mencionábamos, sus logros no tardaron mucho en hacerse ver, no sólo en cuanto al descubrimiento de nuevos hechos sino al orden y sistematicidad que ofreció al contenido empírico de la disciplina.

Sin embargo, como ocurre en las revoluciones científicas, en ésta también hubo cuestiones extra-científicas que influyeron en el modo como se produjo la transición. Entre éstos puede incluirse la resistencia de los químicos británicos por aceptar las teorías de un francés, lo cual determinó la forma en que se desarrolló la competencia entre programas y su definición. Pese a su reconocimiento, estos factores pertenecen a la historia externa de un cambio teórico y como tales no pueden ser considerados, según Lakatos, en un análisis epistemológico racional.

**Capítulo 4**

**KITCHER: UN CAMBIO ENTRE PRACTICAS  
CONSENSUADAS**

#### 4.1- Prácticas científicas: individuales y consensuadas<sup>1</sup>

Desde un intento por superar algunas dificultades de la concepción heredada a la que denomina "la Leyenda", Kitcher propone un nuevo criterio para considerar los aspectos del quehacer científico que permitan fundamentar la idea de progreso. Con este objetivo configura una nueva unidad de análisis, la **práctica científica**, que se sustenta precisamente en la actividad de la comunidad científica; en ella distingue dimensiones que pueden considerarse con cierta independencia, entendiendo así el progreso científico desde una multiplicidad de aspectos que pueden o no coincidir en determinada instancia.

Considerando idealmente a la historia de la ciencia subdividida en períodos discretos, estima que al comienzo de cada uno de ellos, existe una comunidad de científicos ejerciendo su labor de investigación, es decir, *practicando* según ciertos modos de carácter *personal* que integra con otros que comparte con el resto de la comunidad, a los que denomina *consensuados*. Kitcher establece que su unidad de su análisis epistemológico consiste en las **prácticas individuales**, desarrolladas por cada científico, y las **prácticas consensuadas**, que incluyen básicamente los elementos comunes a las prácticas individuales que son llevadas a cabo por una comunidad. Desarrollamos brevemente la caracterización de cada una de ellas.

---

<sup>1</sup> En "The Advancement of Science", Kitcher, 1993 [19].

a) El concepto de **práctica individual** es caracterizado como una entidad multidimensional, en la que, a modo de un conjunto, es posible distinguir como constitutivos relevantes los siguientes componentes:

- **lenguaje:** un modo de hablar específico que usan los científicos en su trabajo profesional.
- **preguntas:** ciertas cuestiones específicas que se consideran como los problemas significativos de un campo.
- **enunciados:** las proposiciones que enuncian las respuestas a las preguntas aceptadas.
- **esquemas explicativos:** modos de explicar que constituyen las estructuras subyacentes a las respuestas.
- **pautas de credibilidad y autoridad:** criterios que los científicos adoptan para apreciar las contribuciones de fuentes potenciales de información, consideradas relevantes a la materia del campo.
- **estilos de observación y experimentación:** en conjunto con los instrumentos y las herramientas, que incluyen además de los criterios de confiabilidad de los mismos.
- **pautas metodológicas:** que ofrecen ejemplos del buen y mal razonamiento, junto con patrones que permiten delimitar cuándo se aceptan o rechazan las respuestas elaboradas.

Si bien estos aspectos configuran integradamente una práctica, no todos resultan igualmente importantes; los que se consideran de mayor relevancia son los esquemas explicativos y las preguntas.

Si se atiende a mayores precisiones, ha de tenerse en cuenta que, de las preguntas que pueden formularse en un determinado ámbito científico, no todas son significativas; más aún, las que son significativas no lo son en el mismo grado. Dadas estas condiciones, un nuevo modo de hacer ciencia comienza precisamente con el planteamiento de preguntas nuevas o con un modo de preguntar renovado; en consecuencia, la noción de preguntas o interrogantes como ingrediente de una práctica constituye un ítem realmente importante.

En cuanto al tercer componente de las prácticas, constituido por el conjunto de enunciados, cabe aclarar que no necesariamente incluye leyes generales, puesto que hay campos científicos en los cuales no parece haber principios generales distintivos. La generalidad que pueden lograr los enunciados radicaría más bien en su uso reiterado en los esquemas explicativos.

Un aspecto de la práctica científica consiste en asumir compromisos con formas particulares de explicar los fenómenos, es decir, con esquemas explicativos; generalmente, estos esquemas no son formulados explícitamente por los científicos sino que suelen formar parte de modo implícito en su práctica. La respuesta a una pregunta significativa es un texto explicativo elaborado sobre la base de una estructura específica desde la que se relacionan cada una de sus enunciados. A esta estructura Kitcher la refiere como un *esquema argumental general* consistente en:

- un *argumento esquemático*: es una secuencia de *enunciados esquemáticos* que se obtienen reemplazando algunas de las expresiones no-lógicas de en las proposiciones por letras.
- las instrucciones de *llenado*: son una serie de indicaciones para implementar adecuadamente el reemplazo de las letras por expresiones en un enunciado esquemático.
- una *clasificación* del argumento esquemático: es un conjunto de proposiciones que describen las características inferenciales del argumento esquemático; permiten establecer cuáles son las premisas, las reglas de inferencia, etc.

Una explicación de un determinado fenómeno constituye una ejemplificación de la estructura argumental general si se cumple que:

- el argumento tiene el mismo número de términos que el esquema general.
- cada enunciado o fórmula puede ser obtenido del correspondiente enunciado esquemático de acuerdo a las instrucciones de llenado de cada enunciado.
- los términos del argumento tienen las propiedades asignadas por la clasificación a los miembros correspondientes del esquema.

Los últimos tres elementos que conforman el conjunto de las prácticas individuales, esto es, normas para la experimentación, criterios de credibilidad y pautas metodológicas, aparecen en dos niveles de la práctica científica. En efecto, estarían pre-

sententes en el nivel del comportamiento, como así también en el de los criterios para decidir si el comportamiento es correcto.

b) Una **práctica consensuada** tiene exactamente los mismos ingredientes que una particular; las diferencias tienen que ver con ciertos aspectos como por ejemplo, la significación de las preguntas ya que la misma deja de ser personal para adquirir un carácter impersonal.

Las prácticas consensuadas de una comunidad en un determinado tiempo están representadas por:

- 1) un **núcleo consensuado**, que incluye aquellos elementos de la práctica individual que resultan comunes a las prácticas de todos los miembros de la comunidad.
- 2) el **reconocimiento de la autoridad**, compartido por todos los miembros de la comunidad; esta coincidencia posibilita que las opiniones de los miembros reconocidos como expertos, sean aceptadas por el resto de la comunidad y, por lo tanto, consensuadas.
- 3) una organización de la comunidad en **subcomunidades**, cuyos miembros tienen un conjunto más extenso de elementos en común y algunas de las cuales son reconocidas como autoridades en ciertas cuestiones.
- 4) un **consenso virtual**, que se genera a partir de la existencia de un núcleo consensuado desde el que se sustenta la incorporación de partes de la práctica consensuada de subcomunidades de acuerdo con las relaciones que, según las pautas asumidas, permiten establecer las jerarquías pertinentes.

En atención a ambos tipos de prácticas, el ámbito de los objetivos tiene también una función relevante en este análisis. En tal sentido, se cuenta con que los científicos desarrollan sus actividades orientados por ciertos **objetivos** a largo plazo que guían el proceso dentro de cada disciplina. Dichos objetivos admiten una división en dos dimensiones, según su carácter sea de orden **epistémico** o **personal**. Es importante especificar que cada dimensión no constituye un conjunto homogéneo y separado uno del otro; más bien puede entenderse como un continuo gradual en el que ambas dimensiones se intersectan dando lugar a una escala combinable que va desde "objetivos no-epistémicos" a "objetivos epistémicos", en el primer caso y de "objetivos impersonales" a "objetivos personales", en el segundo. Como ejemplos que ilustran esta conceptualización pueden contarse los siguientes:

- no epistémico-impersonal: mejorar el estado de la sociedad, aumentar el bienestar general, mejorar la salud de la mayoría.
- epistémico-impersonal: verdad, simplicidad, éxito predictivo, capacidad para resolver problemas, al nivel de la comunidad científica.
- no epistémico-personal: adquirir una posición respetada entre los científicos de un área, lograr la aprobación de los pares.
- epistémico-personal: lograr aumentar el propio conocimiento en algún área específica.

Mientras en las prácticas individuales no se cuenta exclusivamente con los objetivos cognitivos sino que por el contrario, dominan los objetivos personales, al pasar a

la práctica consensuada la relación cambia. Se produce una especie de intersección gradual de objetivos personales compartidos por la comunidad, teniendo en cuenta que los mismos difieren de comunidad a comunidad y de contexto a contexto. Lo que resulta de la intersección es el predominio de los objetivos impersonales. Se destaca que los objetivos impersonales son aquellos que se comparten cuando la práctica se hace consensuada. Algo equivalente ocurre en el ámbito de los objetivos cognitivos y no cognitivos. Para Kitcher, el objetivo epistémico supremo se expresa en la consecución de la **verdad**:

☞ De acuerdo al análisis que responde a las tesis de Kitcher, la actividad de los químicos a principios del siglo XVII puede caracterizarse como una práctica consensuada en la que la teoría del flogisto determina muchos de sus componentes. Posteriormente, hacia fines del mismo siglo y una vez que los cambios propuestos por Lavoisier se consolidaron, la práctica por consenso habría sufrido modificaciones sustantivas en varios aspectos. Analizaremos los elementos que incluye Kitcher en cada una de estas prácticas.

Teniendo en cuenta las consideraciones del punto 3.1 del Capítulo 3, consideramos como práctica consensuada que incluye la teoría del flogisto, aquella instancia del desarrollo de la química que se inicia con Stahl hacia 1703. En principio, estimamos que a partir de la práctica individual de Stahl (y según un ciclo que se describirá más adelante) se definen ciertos elementos que se constituyen en componentes comunes en cuanto están presentes en el modo de “hacer ciencia” del resto de la comunidad química o, al menos, de una subcomunidad conformada por aquellos cientí-

ficos comprometidos en estudios relacionados a ciertas sustancias y reacciones químicas tales como la combustión, calcinación, etc. Una vez establecida tal modalidad como práctica consensuada, es posible identificar en ella los siguientes elementos integrantes:

### 1) Lenguaje

El modo de hablar que usaban los químicos incluía términos específicos entre los que pueden señalarse como ejemplo los siguientes:

- "flogisto", definido como el principio componente de las sustancias que les otorgaba las propiedades inflamables y que podía ser absorbido o liberado en las reacciones químicas.
- "principio", que hace referencia a los componentes de las sustancias a partir de los cuales se definen sus propiedades físicas y químicas.
- "calcinación", indicando el tipo de reacciones por las que un metal se transformaba en un calcinado, eliminando flogisto durante la reacción.

### 2) Preguntas

Algunas de preguntas consideradas como la formulación de los problemas significativos de la química flogicista podrían plantearse en los siguientes términos:

- a) ¿En qué relación deben estar los principios componentes de las sustancias para dar la propiedad X?

- b) ¿Qué sustancias deben combinarse para producir otra sustancia con la propiedad Y?
- c) ¿Por qué los metales se parecen tanto entre sí y son muy diferentes a sus calcinados?
- d) ¿Por qué hay ciertas sustancias que se comportan como ácidos y otras no?
- e) ¿Es la sustancia X rica en flogisto?
- f) ¿Por qué cuando se calcina una sustancia inflamable queda un residuo no inflamable?
- g) ¿Por qué la combustión ocurre más rápidamente en aire deflogistizado que en aire (atmosférico)?

### 3) Enunciados

Los enunciados que responden a algunas de las preguntas formuladas en el punto anterior podrían formularse del siguiente modo:

- a c): Todos los metales son ricos en flogisto, y éste es el que les confiere sus propiedades.
- a f): El flogisto residente inicialmente en la sustancia inflamable pasa al aire.
- a g): El aire ya contiene algo de flogisto, mientras el aire deflogistizado carece completamente de él, lo cual acelera su absorción.

### 4) Esquemas explicativos

Los argumentos explicativos usados para dar respuesta a las preguntas significativas definidas en esta práctica y que dan cuenta de las dependencias entre fenómenos de la naturaleza a la luz de la teoría flogística, tienen en común la apelación al principio del flogisto ya sea como constitutivo de las sustancias o en base a su participación en las reacciones químicas. Sin embargo, habrá varios esquemas argumentales generales, de acuerdo al tipo de pregunta planteada, a cuya estructura responden estas explicaciones. Puede intentarse como ejemplo del tipo de explicaciones que producían los científicos comprometidos en esta práctica, una reconstrucción del esquema argumental general respondiendo a una pregunta relevante y una de sus ejemplificaciones:

1- Esquema argumental general

*PREGUNTA GENERAL*

¿Por qué cuando la sustancia inflamable X se calcina en aire produce la sustancia Y que no es inflamable?

*RESPUESTA GENERAL*

*Argumento esquemático:* de (1) a (11) son enunciados esquemáticos.

- (1) Una sustancia es inflamable cuando es rica en flogisto y no es inflamable cuando carece de él.
- (2) Cuando una sustancia pierde flogisto sufre profundos cambios que la convierte en otra sustancia carente de flogisto.

- (3) Bajo condiciones favorables de alta temperatura, el flogisto pasa de una sustancia rica en él a una pobre en flogisto.
- (4) X es inflamable.
- (5) El aire es pobre en flogisto.
- (6) X se lleva a alta temperatura en presencia de aire.
- (7) X es rica en flogisto.
- (8) X entrega flogisto al aire.
- (9) X se transforma en Y.
- (10) Y es pobre en flogisto.
- (11) Y no es inflamable.

*Instrucciones de llenado:*

X se reemplaza por el nombre de una sustancia inflamable.

Y se reemplaza por el nombre de la sustancia no inflamable que proviene de X.

*Clasificación:*

- (1) a (6) son premisas.
- (7) se deriva de (1) y (4).
- (8) se deriva de (3), (5) y (7).
- (9) se deriva de (8) y (2).
- (10) se deriva de (2) y de (9).
- (11) se deriva de (1) y de (10).

2- Ejemplificación

*PREGUNTA ESPECIFICA*

¿Por qué si se lleva la madera a alta temperatura en presencia de aire  
el residuo que queda no es inflamable?

*RESPUESTA*

X = madera

Y = residuo de la madera

- (1) Una sustancia es inflamable cuando es rica en flogisto y no es inflamable cuando carece de él.
- (2) Cuando una sustancia pierde flogisto sufre profundos cambios que la convierte en otra sustancia carente de flogisto.
- (3) Bajo condiciones favorables de alta temperatura, el flogisto pasa de una sustancia rica en él a una pobre en flogisto.
- (4) La madera es inflamable.
- (5) El aire es pobre en flogisto.
- (6) La madera se lleva a alta temperatura en presencia de aire.
- (7) La madera es rica en flogisto.
- (8) La madera entrega flogisto al aire.
- (9) La madera se transforma en su residuo.
- (10) El residuo es pobre en flogisto.
- (11) El residuo no es inflamable.

### **5) Pautas de credibilidad y autoridad**

Dado que generalmente las pautas que orientan sobre los criterios de credibilidad y autoridad no están explicitadas sino que se ponen en evidencia a través de las conductas de las personas o comunidades, es decir, a nivel del comportamiento, no es posible determinar la formulación de las mismas en el desarrollo histórico presentado. En cambio, sí resulta accesible la identificación de aquellos científicos cuyos nombres eran reconocidos como autoridad en el tema. Este es el caso del propio Stahl, cuyo reconocimiento por parte de la comunidad científica se evidencia en la aceptación generalizada que tuvo su teoría. Otros químicos como Macquer, Black, Priestley, Cavendish, Venel conocidos como férreos defensores de las ideas flogísticas, han logrado sin duda trascendencia histórica, lo que permite pensar que sus opiniones gozaban del aprecio por parte de sus contemporáneos.

### **6) Estilos de observación y experimentación**

Ya se ha mencionado en el punto 2.1 del Capítulo 2 el tipo de experimentos que se privilegiaba en la investigación de los químicos flogísticos; ejemplo de ellos son los llevados a cabo para deflogistizar sustancias aunque algunos no condujeron a los resultados esperados sino al descubrimiento de diferentes gases. Estos procedimientos requerían el uso de instrumental específico, entre los que se cuentan las retortas, recipientes de vidrios, campanas, etc. La experimentación, así como las explicaciones, se focalizaban principalmente en aspectos cualitativos de los sistemas estudiados.

## 7) Pautas metodológicas

Definir con precisión estos estándares, al igual que las pautas de credibilidad, no es fácil puesto que suelen estar implícitas en las actitudes de los protagonistas a nivel del comportamiento. Sin embargo, puede proponerse algún criterio que posiblemente fuera tenido en cuenta para evaluar las respuestas a las preguntas significativas. Las respuestas que apelaban adecuadamente al flogisto para explicar propiedades y transformaciones serían las privilegiadas, mientras que las que se basan en la participación de gases para dar cuenta de cambios químicos, como la que había propuesto Rey y más tarde Lavoisier, serían rechazadas. Argumentaciones contrarias a la idea de principio, como las dadas un tiempo después en función de átomos, seguramente hubieran sido también rechazadas.

Respecto a la práctica consensuada que sucede históricamente a la flogicista, surge también a partir de una práctica individual, la implementada por Lavoisier. La misma es rápidamente adoptada por los científicos de su círculo, al que puede otorgarse el carácter de una subcomunidad. Posteriormente se extiende hasta configurar una práctica científica consensuada a principios del siglo XVIII. En la misma línea seguida en el análisis anterior, se intenta ejemplificar los elementos que componen esta práctica por consenso atendiendo a los siguientes aspectos:

### 1) Lenguaje

El lenguaje que se impone junto con la aceptación de la propuesta de Lavoisier es muy particular, especialmente porque en el mismo se elabora una forma muy dife-

rente de nombrar las sustancias químicas. Además de algunos términos que se mantienen y otros que se abandonan completamente, como el de “flogisto”, el modo de hablar que usaron los químicos a partir de Lavoisier incluye términos tales como:

- “sustancia simple”, definida como aquella sustancia que no puede separarse por métodos de laboratorio.
- “sustancia compuesta”, que identifica como tales a las que pueden ser descompuestas en otras más simples en el laboratorio.
- “calórico”, que hace referencia a la materia del calor, un “fluido cuya acumulación es causa del calor y cuya ausencia es la causa del frío”.
- “gas oxígeno”, que refiere a la combinación del calórico con el principio oxígeno.

## 2) Preguntas

Parte del conjunto de preguntas relevantes en la práctica anterior se mantiene, aunque las respuestas a ellas cambian, y otras pierden su relevancia. Algunas de las nuevas cuestiones consideradas significativas responden a formulaciones semejantes a las que siguen:

- a) La sustancia X, ¿es simple o es compuesta?
- b) ¿Qué sustancias simples forman parte de la sustancia compuesta Y?
- c) ¿Cómo se nombra la sustancia Z?
- d) ¿Por qué hay un aumento de peso en el producto de la calcinación de algunos metales?
- e) ¿Qué rol juega el gas G en la reacción entre R y S?

- f) ¿Qué relación hay entre la masa de las sustancias reactivas y los productos en un proceso químico?
- g) ¿Cuáles son los efectos de combinar calórico con algún principio?

La pregunta c), si bien había sido formulada en el marco de la práctica flogicista, no tuvo la relevancia que adquirió en los momentos en que Lavoisier propuso una respuesta alternativa.

### 3) Enunciados

Las respuestas a algunas de las preguntas formuladas en el punto anterior podrían darse en los siguientes términos:

- a c): La sustancia Z, compuesta por el principio P (y por lo tanto, perteneciente a la clase C) y la base B, se nombra con el nombre del principio P primero, seguido de la denominación de la base B.
- a d): El aumento de peso del producto de la calcinación de un metal es consecuencia de que el metal se combina con parte del aire produciendo el calcinado que, como contiene algo más que el metal, resulta más pesado.

### 4) Esquemas explicativos

El tipo de explicaciones que la práctica consensuada elabora a partir de mediados del siglo XVIII cambian sustancialmente respecto a los del período anterior, dado que hay entidades que han desaparecido, como el flogisto y otras que adquieren un rol

muy importante, como los gases. Además, los esquemas explicativos establecen precisiones respecto a cantidades de masa, cuyas relaciones adquieren una relevancia que no se les había dado anteriormente. A continuación se reconstruye un posible esquema argumental para responder a una pregunta considerada significativa y una ejemplificación:

1- Esquema argumental general

*PREGUNTA GENERAL*

¿Qué cantidad  $z$  de  $Z$  se obtiene cuando se calienta  $x$  cantidad de  $X$   
y se recoge  $r$  cantidad del gas  $R$ , según la reacción:  $X \rightarrow R + Z$ ?

*RESPUESTA GENERAL*

*Argumento esquemático:* de (1) a (9) son enunciados esquemáticos.

- (1) Cuando se produce un cambio químico, la masa total de los reactivos es igual a la de masa total de los productos.
- (2) Los gases son sustancias materiales cuya masa se computa.
- (3)  $X$ ,  $R$  y  $Z$  reaccionan según:  $X \rightarrow R + Z$
- (4)  $R$  es un gas.
- (5) Se calienta  $x$  cantidad de  $X$ .
- (6) Se recoge  $r$  cantidad de  $R$  y se obtiene  $z$  cantidad de  $Z$ .
- (7)  $x = r + z$
- (8)  $z = x - r$

*Instrucciones de llenado:*

X, R y Z se reemplazan por el nombre de la sustancia reactiva, del producto gaseoso y del otro producto, respectivamente.

x, r y z se reemplazan por las masas (medidas en una unidad conveniente) de X, R y Z, respectivamente.

*Clasificación:*

(1) a (7) son premisas.

(8) se deriva de (1) a (7).

2- Ejemplificación

*PREGUNTA ESPECIFICA*

¿Qué cantidad z de mercurio se obtiene cuando se calientan 40 gramos del calcinado de mercurio y se recogen 2,95 gramos de gas oxígeno, según la reacción: calcinado de mercurio → gas oxígeno + mercurio?

*RESPUESTA*

X = calcinado de mercurio

R = gas oxígeno

Z = mercurio

x = 40 gramos

r = 2,95 gramos

- (1) Cuando se produce un cambio químico, la masa total de los reactivos es igual a la de masa total de los productos.
- (2) Los gases son sustancias materiales cuya masa se computa.
- (3) calcinado mercurio, gas oxígeno y mercurio reaccionan según:  
$$\text{calcinado de mercurio} \rightarrow \text{gas oxígeno} + \text{mercurio}$$
- (4) El gas oxígeno es un gas.
- (5) Se calientan 40 gramos de calcinado de mercurio.
- (6) Se recogen 2,95 gramos de gas oxígeno.
- (7)  $40 \text{ gramos} = 2,95 \text{ gramos} + z$
- (8)  $z = 40 \text{ gramos} - 2,95 \text{ gramos} = 37,04 \text{ gramos}$

##### 5) Pautas de credibilidad y autoridad

Al igual que en la práctica anterior, y por las mismas razones, los elementos presentados no bastan para establecer una formulación precisa de las pautas que sustentan los criterios de autoridad y credibilidad. Entre los nombres que seguramente contaron con respeto y reconocimiento de sus pares está, en primer instancia, el de Lavoisier, quien gozó de mucho prestigio entre los químicos franceses como Guyton de Morveau, Berthollet, Fourcroy, de la Place, Monge. Los dos primeros iniciaron a su lado la reorganización de la química.

##### 6) Estilos de observación y experimentación

La experimentación se modifica en función de las preguntas que adquieren relevancia. Si bien no hay grandes novedades en el instrumental utilizado y la mayor parte del mismo se mantiene, algunos dispositivos adquieren otro protagonismo. La balanza, usada desde larga data, pasa a ser un instrumento fundamental para las investigaciones relativas tanto a la composición de sustancias como al estudio de las reacciones químicas. Lavoisier aporta el diseño de una balanza con una precisión de 0,005 gramos. El equipamiento para la recolección y tratamiento de gases como la bomba neumática y la posibilidad de recogerlos sobre agua o mercurio, también adquieren mayor relevancia en función del rol que se les asigna en esta práctica de la química. A diferencia de la práctica consensuada predecesora, la experimentación privilegia los aspectos cuantitativos frente a los cualitativos.

#### **7) Pautas metodológicas**

Pese a las dificultades ya mencionadas respecto a la posibilidad de establecer estas reglas, puede hipotetizarse respecto a alguna de ellas. Por ejemplo, a partir del consenso de esta práctica, las explicaciones que hablen de la participación del flogisto en ciertas reacciones químicas deberían ser rechazadas. Por el contrario, argumentaciones correctamente formuladas, que hablen de reacciones con la participación de gases, pueden ser aceptadas. En general, las respuestas que impliquen un acercamiento de la química a la física van a tener una repercusión favorable, por lo menos en mayor medida de la que hubieran tenido anteriormente.

En cuanto a la identificación de los objetivos que Kitcher asigna a toda práctica científica, no se dispone de elementos para identificarlos en la práctica por consenso determinada por la teoría del flogisto. Sin embargo, en el caso de la práctica generada por Lavoisier, se cuenta con textos que permiten identificar alguno de *sus* objetivos epistémicos e impersonales que posiblemente hayan sido parte, posteriormente, del núcleo consensuado. En las siguientes citas, se evidencia la preocupación de Lavoisier por la elaboración de una teoría que responda a los criterios de consistencia interna y adecuación a lo real, es decir, a la verdad:

“Por lo demás, repito, al atacar aquí la doctrina de Stahl no tenía por objeto sustituirla por una teoría rigurosamente demostrada, sino sólo por una hipótesis que me parece más probable, más conforme a las leyes de la naturaleza, y que, me parece, encierra explicaciones menos forzadas y menos contradicciones”

Memorias sobre la combustión en general (en [8], pág. 45).

La coherencia y solidez de una estructura racional que sustente el dato empírico constituye también un aspecto fundamental a tener en cuenta en la configuración de la disciplina en vistas a su progreso.

“Es tiempo de conducir a la química a una manera de razonar más rigurosa; de limpiar los hechos con que esta ciencia se enriquece día a día, de todo lo que le agregan el razonamiento<sup>2</sup> y los prejuicios; de distinguir lo que es hecho y observación de lo que es

---

<sup>2</sup> “Razonamiento” se refiere en este contexto a los pensamientos conjeturales prejuiciosos.

sistemático e hipotético y, finalmente, de señalar hasta qué punto han llegado los conocimientos químicos para que nuestros sucesores puedan partir de ese punto y proceder con seguridad al adelanto de la ciencia.”

**Reflexiones sobre el flogisto para servir de continuación a la teoría de la combustión y la calcinación, presentada en 1777 (en [8], pág. 61).**

A su vez, el contenido empírico sistemáticamente organizado configura el eje que ofrece contenido y criterio para discernir las afirmaciones científicas de especulaciones ficticias:

“Como usted lo puede ver en el prefacio, traté de llegar a la verdad por el encadenamiento de los hechos; de suprimir, tanto como me fue posible, el razonamiento<sup>2</sup>, que a menudo es instrumento falso y engañoso; de seguir la antorcha de la observación y de la experiencia”

**Carta de Lavoisier a Franklin, febrero de 1790 (en [8], pág. 107).**

Se hace evidente en estos textos el interés por lograr la instalación de la química en el ámbito de un conocimiento racional, riguroso, objetivo, empírico-experimental, etc., rasgos que consolidan las bases sobre las que la disciplina podrá desarrollarse.

#### **4.2- La racionalidad del cambio científico<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> En “The Advancement of Science”, Kitcher, 1993 [19].

---

Una comunidad científica está generalmente jerarquizada y sus miembros, que pueden dividirse entre veteranos y practicantes, tienen diferentes posiciones sociales. Entre los veteranos, las jerarquías en el escalafón se generan en las diferencias sustentadas en la autoridad y credibilidad. El prestigio acreditado se pone en evidencia a través del respeto hacia las opiniones de ciertos miembros relevantes sobre cuestiones controversiales, es decir, aquéllas que no forman parte de la práctica consensuada del grupo. La jerarquía proviene de los recursos que utiliza el científico para ser creíble. Cabe señalar que las distintas prácticas científicas difieren en los estándares de credibilidad y autoridad y en los criterios para establecer si lo que sostiene un determinado miembro de la comunidad es o no aceptable.

Los científicos veteranos, a su vez, preparan a los aprendices quienes conforman su práctica individual participando en diferentes aspectos de la práctica consensuada. Al finalizar su período de entrenamiento, cada aprendiz pasa a formar parte de la comunidad científica con un grado de credibilidad que depende, en parte, del *status* que haya logrado su maestro. Durante el desarrollo de la actividad científica, las prácticas individuales de cada miembro son modificadas a través de dos vías igualmente importantes:

- 1) las confrontaciones con la naturaleza (interacción asocial).
- 2) las comunicaciones con sus pares (interacción social).

De este modo, la credibilidad no es estática sino que responde a una dinámica definida por el aporte de información de parte de otros miembros; tales informaciones pueden ser aceptadas, modificadas o rechazadas, provocando entonces modifica-

ciones en la credibilidad otorgada a cada miembro, y con ello, alteraciones en la estructura jerárquica de la comunidad. Como consecuencia de este proceso, la modificación de las prácticas individuales induce un **cambio** en la práctica consensuada y en la distribución de los espacios de prestigio otorgados a los miembros de la comunidad, comenzando un nuevo período del ciclo.

Una descripción detallada de la vida de un científico mostraría, según Kitcher, continuos cambios en su *estado cognitivo*. Sin embargo, la idealización en los ciclos antes mencionados permite una visión del cambio científico que se abstrae de las transformaciones individuales concentrándose en la secuencia de prácticas consensuadas. Pero para entender por qué las prácticas consensuadas cambian en la forma en que lo hacen, hay que considerar las acciones y actitudes de los miembros de la comunidad científica pertinente, sin tener en cuenta todas las fluctuaciones que ocurren, implementando así un nivel intermedio de análisis.

Los problemas filosóficos acerca del cambio científico pueden ser considerados como cuestiones acerca de las iteraciones de este ciclo. Para dar una descripción de cómo ocurre el cambio científico se necesita una clara visión de los estados y procesos que ocurren como constituyentes del ciclo. Hilando más fino, el cambio científico involucra modificaciones de estados cognitivos que son propios de cada individuo y varían de uno a otro; el estudio descriptivo de tales procesos pertenecería al ámbito de la psicología. Se considera entonces, que los científicos difieren en sus relaciones con los fenómenos, lo cual implica que sufren diferentes procesos psicológicos cuando elaboran su opinión respecto a un hecho controversial. Existen distintos modos en los que se manifiesta la variación cognitiva y esto lleva a la convicción de que no hay

una única manera correcta en la que pueda establecerse un sistema cognitivo científico. Esta variación es positiva ya que sirve a la comunidad para no quedarse estancada.

Kitcher propone un modelo para la definición de los debates científicos que culminan con la modificación de las prácticas consensuadas cristalizando el cambio científico. Este *modelo de compromiso* que incluye ideas tanto del racionalismo como del antirracionalismo, comprende los siguientes supuestos:

- 1) La decisión de la comunidad se alcanza cuando una cierta cantidad de subgrupos suficientemente poderosos dentro de la comunidad han llegado a la decisión de modificar sus prácticas en una forma particular.
- 2) Los científicos están normalmente motivados tanto por objetivos epistémicos como por no-epistémicos.
- 3) Hay una variación cognitiva significativa dentro de las comunidades científicas en términos de prácticas individuales, tendencias subyacentes y exposición a estímulos.
- 4) Durante las primeras fases del debate, los procesos experimentados por los vencedores finales no están mejor diseñados para el estímulo del progreso cognitivo que los que experimentan sus oponentes (los perdedores).
- 5) El debate científico se cierra cuando, como resultado de las conversaciones entre los pares y los encuentros con la naturaleza que han producido parcialmente las primeras decisiones para modificar la práctica individual, emerge en la comunidad un argumento que incluye un proceso para modificar la práctica; tal proceso es juzgado a través de los esquemas explicativos, y resulta triunfante si es superior

en capacidad para promover el progreso cognitivo que otros procesos experimentados por los protagonistas del debate; el grupo triunfante adquiere poder en virtud de la integración de ese proceso en el pensamiento de los miembros de la comunidad y el reconocimiento de sus virtudes.

El punto 5) afirma que los debates científicos son finalmente cerrados a través de la articulación y aceptación de argumentos decisivos. Mientras que el proceso del cual emerge el argumento crucial puede estar gobernado por las transiciones en la práctica individual que promueven el logro de objetivos cognitivos, el modelo no exige que deba ser así, posibilitando que las metas no-epistémicas mencionadas en 2) tengan también un papel importante. Varios tipos de factores sociales pueden operar en la adquisición de poder por parte del grupo triunfante; en efecto, cada científico tiene opiniones, así como esperanzas, miedos, gustos y disgustos, de modo tal que su decisión involucra la adopción o rechazo de una práctica en una matriz de lealtades personales, profesionales e intelectuales. Por supuesto, lograr la modificación de una práctica reconociendo los argumentos, es cognitivamente superior a hacerlo sólo porque es una versión más simple y mucho más que si se procede ciegamente. Sin embargo, el énfasis sobre la prioridad de los argumentos, no debe estar acompañado por la afirmación de que quienes se oponen sean irracionales. Seguramente, varios de los convertidos a la nueva práctica tienen razones cognitivamente inferiores a la de los críticos. Lo que supone este modelo es que la adquisición del argumento que emerge cuando el debate se consolida *debería* ser la principal fuente de poder; es decir, en una competencia entre factores sociales y argumentos en una dirección

contraria, la adquisición de poder debería ser afectada en mayor medida por los argumentos. Los factores sociales podrían retardar una decisión pero no revertirla.

Kitcher distingue entre la racionalidad de las prácticas individuales y la de las prácticas consensuadas. Si bien pueden haber muy buenas razones para que la mayoría de los científicos en una práctica consensuada adopten algún nuevo elemento, en tanto y en cuanto este haga progresar a la práctica, esto no significa que beneficie a cada una de las prácticas individuales del mismo modo. Es decir, la racionalidad de la práctica consensuada no es la sumatoria de la racionalidad de las prácticas individuales, tanto no lo es que incluso pueden entrar en tensión. La tesis de la racionalidad de la ciencia debe ser interpretada como afirmando que la mayor parte de los científicos en la mayoría de las veces basan sus conclusiones en buenas razones. Las buenas razones son aquellas que, una vez adoptadas, hacen progresar a la práctica en alguna de las dimensiones. Si no hay progreso, las razones que se utilizaron no son buenas.

A su vez, los debates científicos raramente se resuelven en un instante, sino que suelen abarcar períodos de años, en los que el mérito de una manera particular de modificar la práctica consensuada es vigorosamente discutido. Durante estos debates, los participantes experimentan una gran cantidad de procesos cognitivos en sus esfuerzos por evaluar las propuestas rivales. Ni éstas ni los argumentos emitidos a su favor son estables. De este modo, parecería difícil que haya un camino para tomar una decisión racional.

En un conflicto científico, así como en la guerra, las alianzas y las oposiciones pueden cambiar con el tiempo, así como pueden alterarse también las propuestas

defendidas y las cuestiones en juego. Además, raramente el conflicto se resuelve a través de un único incidente; por el contrario ni las discusiones personales determinan las batallas, ni las batallas individuales deciden el resultado del conflicto. Tampoco los vencedores finales suelen ganar todos los debates. Las controversias científicas son episodios largos y complejos en los cuales los puntos locales y la evidencia no determinan el resultado final. Los participantes del debate defienden propuestas para modificar la práctica consensuada ofreciendo una lista de las características que una práctica debería tener y presentando razones para pensar que la modificación satisface tales particularidades. Estas defensas son atacadas criticando a la lista, ya sea reclamando que ciertos requisitos importantes del progreso cognitivo han sido omitidos o que las características son inapropiadas, u objetando acerca de la posibilidad de satisfacer dicha lista.

En las primeras etapas de un conflicto, las cuestiones son confusas. Cada uno de los bandos es capaz de resolver algunas discusiones a su favor. En la medida que los enfrentamientos progresan, uno de los grupos encuentra vías de solución a las cuestiones más conflictivas y entonces emerge un proceso de promoción de progreso el cual, una vez accesible a todos, inclina virtualmente a los miembros de la comunidad a la modificación pertinente de la práctica. El círculo que va aceptando las nuevas ideas y que comienza a dar explicaciones siguiendo las nuevas pautas se va ampliando muy lentamente, generando consenso. Todo el tiempo que transcurre hasta que la nueva práctica consensuada se establece, es de idas y venidas mientras que crece el consenso.

☞ Como se ha señalado anteriormente, es posible considerar que lo que ocurre a partir de los resultados de la práctica de Lavoisier es un cambio científico entre prácticas consensuadas, esto es, entre la generada en relación a la teoría de flogisto y la que se impone luego de la aceptación general de la doctrina de Lavoisier. Este cambio comenzó con un debate científico que luego de casi veinte años, culminó con el triunfo de la subcomunidad de químicos franceses cuya máxima autoridad era el propio Lavoisier.

El nivel intermedio que propone Kitcher para el análisis del cambio implica conocer la conformación del conjunto de científicos que experimentaron los procesos de cambio y las actitudes que ellos tuvieron respecto a tales procesos que condujeron a la definición del conflicto. Los datos presentados del desarrollo histórico de este cambio no permiten dar cuenta de actitudes personales al nivel de detalle que exige un tratamiento como el Kitcher propone. Sin embargo, ciertos hechos pueden ser usados como indicativos de algunas peculiaridades en cada caso.

Por un lado, la teoría del flogisto se inició en una subcomunidad de científicos en Alemania. Stahl, de origen sueco, propone sus ideas cuando contaba con un poco más de 40 años, por lo que puede considerarse que ya no era aprendiz aunque seguramente era de los “jóvenes veteranos”. El consenso que tuvo su práctica hace pensar, como ya fue mencionado, que su opinión era considerada favorablemente por los químicos y que era una autoridad en la materia. Por el contrario, Lavoisier es de origen francés y sus ideas tuvieron una fuerte aceptación en la subcomunidad de químicos franceses. Más joven aún que Stahl, cuando presenta su memoria de 1777 contaba con 34 años y más de diez años dedicados a la química, por lo que puede

considerárselo también un “joven veterano”. Tanto él como su laboratorio, muy bien equipado, gozaban de un gran prestigio en la comunidad de científicos franceses y su autoridad es demostrada en los distintos cargos que ocupó desde 1768 (con sólo 25 años) en la Academia de Ciencias. En Inglaterra, la subcomunidad que más resistencia opuso al cambio, contaba con autoridades como Priestley y Cavendish, veteranos de más edad y más comprometidos en la práctica flogística.

Presentados los resultados e interpretaciones de los experimentos de Lavoisier contrarios a las tesis de flogisto, el debate científico quedó establecido. Como ya se ha mencionado, el círculo cercano a Lavoisier adoptó rápidamente su propuesta, tomando la decisión de modificar sus prácticas (en términos de Kitcher). Más lentamente, esta aceptación fue extendiéndose hasta que, a finales del siglo, ya se había transformado en una práctica consensuada. Las verdaderas razones que motivaron esta actitud en cada científico o cada sub-comunidad, no pueden establecerse con los datos a disposición. Como ya ha sido planteado reiteradamente, junto a estos grupos favorables al cambio propuesto, hubo otros que se resistieron y que presentaron sus argumentos contrarios. En el punto 3.2 del Capítulo 3, se describen las “batallas” personales que Priestley sostuvo en su defensa del flogisto y las “idas y vueltas” producidas en torno a uno de los experimentos que resultó relevante. Sin embargo, como Kitcher supone, los motivos de tal resistencia no parecen haber sido meramente cognitivos sino que, como en el caso de los científicos británicos, cuestiones de nacionalidad (no epistémicas) pueden haber sido un factor importante para el rechazo a las hipótesis de Lavoisier. En este caso, el arduo conflicto flogisto-oxígeno duró cerca de dos décadas, dando la razón a Kitcher en lo que se refiere a

la longitud y complejidad de tales situaciones. Cabe destacar que aún después de haberse establecido como práctica consensuada, algunos químicos no modificaron su práctica individual.

#### 4.3- Progreso multidimensional<sup>4</sup>

Considerando la ciencia como progresiva, tal progreso puede concebirse como una sucesión de prácticas consensuadas que son cada vez mejores con el tiempo. El mejoramiento no es necesariamente constante y puede ocurrir que la calidad de las prácticas sea fluctuante, pero debería haber una tendencia general ascendente. El problema está en definir que es "cada vez mejor" en el caso de la actividad científica. Para ello hay que determinar qué relación debe haber entre los miembros de una secuencia de prácticas consensuadas para que la serie sea progresiva.

Kitcher define las siguientes tesis generales respecto al progreso:

- 1) Hay progreso de la ciencia cuando se entiende a la ciencia como prácticas individuales que llegan a ser prácticas consensuadas.
- 2) El progreso es multidimensional y por lo tanto se podrá hablar de progreso en algunas dimensiones y de no progreso en otras, así como de progreso total, es decir, en todas las dimensiones.
- 3) Este desarrollo progresivo es ínsitamente racional, tanto para las prácticas individuales como para las consensuadas

---

<sup>4</sup> En "The Advancement of Science", Kitcher, 1993 [19].

A continuación se definen los conceptos de progreso que propone Kitcher para cada uno de los elementos que componen una práctica.

Una **secuencia de prácticas es progresiva** cuando la mayoría de los miembros de la misma son progresivos respecto de sus predecesores y si cualquier subserie no-progresiva es seguida por una subserie cuyo miembro final es progresivo con respecto a cualquier práctica anterior de la secuencia. No se exige el progreso miembro a miembro sino que, mirada globalmente, la sucesión sea progresiva, aún cuando puede ocurrir que alguna subserie internamente no lo sea. Una secuencia de estas características puede considerarse *débilmente* progresiva; por el contrario, una secuencia de prácticas es *estrictamente* progresiva si cada miembro de la serie es progresivo respecto al anterior. De alguna manera, cuando tomamos episodios muy cercanos el progreso es casi imperceptible mientras que, cuando consideramos hechos o teorías lejanos, el cambio y el progreso son más notables.

Esta forma de caracterizar el progreso depende de una noción anterior en función de la relación binaria entre prácticas. Dado que una práctica ( $P_1$ ) es multidimensional, es posible que un cambio de  $P_1$  a  $P_2$  sea progresivo en algunas dimensiones pero no en otras. Una secuencia de prácticas es *totalmente* progresiva si para cada par de miembros adyacentes de la secuencia hay un componente de las prácticas con respecto al cual el cambio de la práctica anterior a la posterior es progresivo y el cambio de la primera práctica a la última es progresivo con respecto a cada componente.

El patrón respecto del cual puede considerarse el progreso es el logro de los objetivos de distinto tipo que guían las prácticas. Se cambia para mejor en tanto se tenga un objetivo respecto del cual evaluar ese cambio. El objetivo epistémico más obvio

respecto del cual puede contrastarse el progreso es la verdad, pero la verdad *significativa*.

Se analizarán a continuación los distintos tipos de progreso que pueden darse en cada una de las dimensiones que componen las prácticas.

El **progreso conceptual** tiene lugar cuando ajustamos los límites de nuestros conceptos para que se adecuen a las clases de entidades a las que refieren y cuando especificamos con mayor precisión estos referentes. Se busca que un concepto sea lo suficientemente preciso como para que lo que satisfaga ese concepto necesariamente pertenezca a la clase y aquello que no lo satisfaga, no pertenezca a la clase. El cambio y el progreso conceptual para Kitcher se entiende como un desplazamiento en los modos de referencia, manteniendo la tesis de que el desplazamiento conceptual puede ser progresivo si se reconocen mejoras en el *potencial de referencia* de términos claves. El potencial de referencia de un término para una comunidad es un compendio de formas en las cuales puede fijarse la referencia de símbolos de ese término por miembros de la comunidad; un término puede tener un potencial de referencia heterogéneo. Los términos usados por una comunidad están cargados de teoría y si la teoría que los sustenta resulta ser falsa, posiblemente el término falle en la referencia.

En el progreso conceptual entre prácticas, ciertos conceptos se mantienen, tienen el mismo referente. Pero para hablar de progreso, tiene que haber conceptos que anteriormente fracasaban en apuntar al referente de un modo adecuado, y en la nueva práctica no fallan. El refinamiento del concepto en la nueva práctica se logra de una de las dos maneras siguientes:

- agregando una descripción que apunte adecuadamente a la clase pertinente.
- abandonando un modo de descripción que falla en la referencia.

El **progreso explicativo** consiste en mejorar nuestra concepción de la dependencia de los fenómenos. Las ideas generales acerca de esta dependencia deberían ser compartidas aunque algunos detalles de la misma puedan ser causa de debate. Los juicios acerca de dependencias pueden ser comprendidos como vinculados con las formas de las explicaciones ideales que conciben los científicos en cuestión. Un ámbito científico progresa explicativamente cuando las nuevas prácticas introducen esquemas explicativos mejores. A su vez, el mejoramiento se da cuando logramos explicaciones que se ajustan más a la dependencia objetiva de los fenómenos naturales, o bien, cuando los esquemas explicativos están más capacitados para satisfacer algún criterio de organización, por ejemplo, mayor unificación. Sean  $P_1$  y  $P_2$  dos prácticas, el mejoramiento de los esquemas explicativos de  $P_2$  respecto a  $P_1$  otra puede resumirse en los siguientes casos:

- $P_2$  contiene un esquema correcto que no aparece en  $P_1$ , es decir, se introduce un nuevo esquema explicativo correcto, exitoso y lógicamente aceptable.
- $P_1$  contiene un esquema incorrecto que no acaece en  $P_2$ , lo cual implica eliminar un esquema incorrecto.
- $P_2$  contiene una versión más completa de un esquema incluido en  $P_1$ ; significa que se generaliza tal esquema volviéndolo capaz de abarcar correctamente una mayor clase de ejemplos.

- $P_2$  contiene un esquema que extiende correctamente un esquema de  $P_1$ ; la descripción de las dependencias abarcadas por el esquema en  $P_1$  se inserta en esquemas más abarcativos en  $P_2$ .

Logrando progreso explicativo se avanza hacia el objetivo de lograr un mayor conocimiento de la estructura de los fenómenos naturales.

Para pasar a definir los **cambios en las preguntas**, es necesario plantear la cuestión acerca de la **significatividad** de las mismas. Los interrogantes significativos surgen contra el fondo del ordenamiento de los fenómenos capturado por los esquemas explicativos. En un sentido fuertemente epistémico, la significatividad y la relevancia son contextuales a los esquemas explicativos aceptados; además, son contextuales en sentido histórico, cultural, político, económico y social.

Hay dos formas en las que puede otorgarse significatividad:

- generando preguntas de *aplicación*.
- generando preguntas de *presuposición*.

Las preguntas significativas de aplicación son generadas en los intentos de encontrar ejemplificaciones particulares de determinados esquemas explicativos. En los primeros tiempos luego de introducido un nuevo esquema en una práctica consensuada, casi todas sus ejemplificaciones son importantes. Pero una vez que un campo ha establecido una serie de respuestas a preguntas de aplicación, las ejemplificaciones posteriores del esquema dejan de tener tanta relevancia. Muchas preguntas a las

cuales el esquema podría dirigirse no resultan significativas porque los éxitos en la ejemplificación generan la confianza en poder contestarlas; responder a esas preguntas se convierte en algo trillado. Las preguntas que ahora pasan a ser significativas son aquéllas que presentan una mayor dificultad en la ejemplificación. Las preguntas de aplicación pueden estar inspiradas en la promesa de una extensión del esquema explicativo tanto como en la perspectiva de producir un esquema de explicación más completo.

Las preguntas significativas de presuposición surgen cuando la ejemplificación de algún esquema aceptado presupone la verdad de alguna tesis controversial. Lo que se requiere en este caso es demostrar la posibilidad de una presuposición problemática y un diagnóstico de la falla en el razonamiento aparente persuasivo.

En resumen, se dice que una pregunta es significativa cuando las respuestas a ella exhibirían la posibilidad de:

- la ejemplificación de un esquema explicativo aceptado.
- la ejemplificación de un esquema aceptado en instancias aparentemente problemáticas.
- alguna presuposición problemática en un esquema aceptado.

Se dice que una práctica está *erotéticamente* bien fundada, es decir, bien fundada en relación a sus preguntas, si las preguntas a las que se asigna significación son aquéllas que son significativas respecto de sus esquemas explicativos. Las preguntas son *genuinamente* significativas si lo son con respecto a esquemas correctos. El

**progreso erotético** se produce cuando se dispone de una práctica de consenso en la cual se formulan cuestiones genuinamente significativas que no fueron preguntadas anteriormente en prácticas precedentes. También se progresa erotéticamente al generar preguntas más *manejables*. Cuando se estudia un campo científico se descubre que las preguntas comienzan siendo muy amplias y vagas y a través del desarrollo de esa disciplina, las preguntas devienen cada vez más precisas dando lugar a respuestas que pueden establecerse o chequearse con mayor rigor y precisión. A veces, también puede realizarse progreso erotético *descomponiendo* alguna pregunta significativa. En general, pueden pensarse las preguntas significativas de un campo científico como una organización jerárquica tipo árbol. En el extremo de cada árbol hay una pregunta central del campo junto con un esquema explicativo general. En cada rama hay se van generando sucesivas preguntas para cuyas respuestas se necesita de la resolución de una anterior.

Una vez que se tiene el concepto de preguntas significativas, es relativamente simple entender el progreso con respecto a otros componentes de la práctica. Los instrumentos y las técnicas experimentales son valiosos porque nos permiten responder a preguntas significativas. Se realiza **progreso instrumental o experimental** cuando se adopta una práctica en la que se usa un instrumento, al menos uno, que permite contestar preguntas significativas antes no contestadas usando los instrumentos de la práctica anterior. Para precisar el concepto de este tipo de progreso hay que llevar la atención al progreso en los enunciados, ya que si se conoce qué es lo que cuenta para el mejoramiento de los enunciados aceptados, entonces puede

caracterizarse el progreso instrumental y experimental reconociendo el aumento de la capacidad de los instrumentos y técnicas para desarrollar enunciados mejorados.

Parte de la historia del progreso en el conjunto de enunciados aceptados consiste en eliminar la falsedad a favor de la verdad, eliminando las *aparentemente* significativas por las *genuinamente* significativas. Se produce **progreso con respecto a la** clase aceptada de **enunciados** de modo diverso:

- eliminando falsedades en favor de verdades.
- agregando verdades significativas, es decir, respuestas verdaderas a preguntas significativas.
- eliminando lo no significativo.
- reconceptualizando verdades ya aceptadas.
- reemplazando enunciados alejados de la verdad por otros más cercanos a ella.

Una afirmación significativa es una respuesta potencial a una pregunta significativa. Lo que se busca, cuando puede obtenerse, son afirmaciones significativas verdaderas, es decir, respuestas verdaderas a preguntas verdaderas. A veces, y con diferente frecuencia en diferentes ciencias, estas afirmaciones son generalizaciones. Frecuentemente, la existencia de enunciados mejorados implica el uso de un lenguaje mejorado para formularlas y también los instrumentos y técnicas experimentales permiten progresar en los enunciados aceptados.

El **progreso en nuestros principios metodológicos** implica la formulación de estrategias que brinden mayor probabilidad de hacer progreso conceptual, explicati-

vo, erotético o en los enunciados que aceptamos, es decir, en alguna de las dimensiones.

Puede haber progresos independientes entre estas dimensiones, por ejemplo, puede haber progreso erotético sin que haya progreso explicativo, se mantienen los esquemas explicativos (es muy difícil cambiar esquemas explicativos) pero se encuentran y formulan nuevas preguntas significativas respecto de dichos esquemas. Hay ciertas relaciones entre estos progresos muy obvias; por ejemplo, el progreso instrumental suele estar ligado al progreso en los enunciados que aceptamos, porque éstos son las respuestas a las preguntas significativas, que muchas veces son posibles porque hemos encontrado nuevos recursos instrumentales que nos permiten elaborar la contestación. A menudo ocurre que el progreso erotético es un subproducto del progreso conceptual. Sin embargo, de todas las dimensiones, el decisivo es el progreso en los esquemas explicativos porque es el telón de fondo contra el que se definen la noción de significatividad de las preguntas, y esta noción abre la puerta para hablar de progreso erotético, el cual da paso al progreso instrumental y éste al de los enunciados aceptados, etc. De todos estos, el de progreso en los esquemas explicativos es el vital.

☞ El cambio científico que se analiza involucra no una secuencia sino sólo dos prácticas consensuadas consecutivas. Dado que Kitcher define las nociones de progreso para cada elemento como la relación entre una práctica y su sucesora, puede determinarse en nuestro caso en cuáles de las dimensiones se ha realizado progreso al pasar de la práctica consensuada iniciada por Stahl a la de Lavoisier.

### 1) Progreso conceptual

En el cambio entre las prácticas estudiadas, parte del vocabulario se mantiene inalterado, tanto en los términos empleados como en sus referentes, lo cual hace posible la comunicabilidad entre ambas prácticas; este es el caso de los términos que designan los instrumentos usados en el laboratorio. Sin embargo, es difícil encontrar más de estos ejemplos porque el reemplazo de la teoría del flogisto por la de Lavoisier supone la modificación no tanto de los términos como de sus referentes. Los términos cuyas referencias dependen de la teoría, modifican su referencia. En otros casos, como los nombres de las sustancias, cambia el símbolo con el que se hace referencia a ellas. Esto pone en evidencia que en la transición entre estas prácticas ha habido un cambio importante en el lenguaje, fundamentalmente en los referentes de ese lenguaje. La cuestión para determinar si este cambio ha sido progresivo es determinar si las modificaciones han “mejorado” las referencias.

Kitcher afirma que en la revolución química de Lavoisier hay progreso conceptual. Considera que en la práctica flogicista, términos como “flogisto” fallaban en su referencia, mientras que Lavoisier usaba un lenguaje que contenía términos como “elemento” y “oxígeno” (más precisamente, “gas oxígeno”) que refieren a clases que existen y que en la práctica anterior ni siquiera eran identificadas. Luego se introduce en una discusión acerca de la importancia en la aceptación de la heterogeneidad del potencial de referencia de un término cargado de teoría, que permite salvar muchos de los enunciados verdaderos que enunciaron los científicos flogicistas aún usando términos cuya referencia fallaba y comprender mejor en qué sentido el cambio conceptual fue progresivo. Los científicos flogicistas empleaban el término “aire deflogis-

tizado” definido como “el aire que ha transferido flogisto a otra sustancia”; dado que el flogisto no existe este término no refiere correctamente y esa clase de aire tampoco existe, resultando falsas todos aquellos enunciados en los que aparece el término “aire deflogistizado”. Sin embargo, el aire deflogistizado resulta ser el gas oxígeno de Lavoisier, y teniendo esto en cuenta, muchas de las afirmaciones que Priestley o Cavendish hacen respecto a este gas, aunque en términos inadecuados, son correctas. “Aire deflogistizado” y “gas oxígeno” y nuestro actual “oxígeno” son diferentes potenciales de referencia de un mismo referente. El avance conceptual de Lavoisier en este ejemplo particular consistió en revisar el potencial de referencia para eliminar presuposiciones falsas.

En resumen, puede afirmarse que en este cambio de prácticas existió progreso conceptual en las dos formas posibles que indica Kitcher, abandonando términos de referencia inadecuada o agregando descripciones más adecuadas

## 2) Progreso explicativo

Lo expuesto en el punto 4.1 muestra dos reconstrucciones de explicaciones y sus esquemas argumentales generales para la práctica consensuada correspondiente a la teoría del flogisto y a su sucesora. Consideradas retrospectivamente, en el primer caso, dado que el flogisto no existe, tal esquema argumental y su ejemplificación son incorrectos, mientras que en el segundo caso, tanto el esquema como la ejemplificación son correctos. Por lo tanto, la práctica consensuada que se adopta luego de Lavoisier contiene por lo menos un esquema explicativo correcto no contenido en la práctica anterior y ha eliminado por lo menos un esquema incorrecto que pertenecía

a la práctica anterior. Según la definición de progreso explicativo dada por Kitcher, la ocurrencia de ambos tipos de mejoramiento basta para hablar de que realmente el cambio fue progresivo en esta dimensión.

El avance explicativo por dos casos restantes, difícilmente ocurra puesto que se basan en la existencia de un esquema correcto en la vieja práctica que es mejorado en la nueva y dado que la mayor parte de las argumentaciones hacían referencia al flogisto, serían incorrectos.

### 3) Progreso erotético (en las preguntas)

Para analizar si se produjo progreso erotético en la revolución química de Lavoisier es necesario determinar si las preguntas significativas planteadas por la práctica por consenso que originó Lavoisier, son genuinamente significativas y no habían sido planteadas anteriormente. El criterio para definir si una pregunta es genuinamente significativa implica referirla a un esquema de explicación correcto. Si la elección de los ejemplos de preguntas significativas y esquemas explicativos correctos del punto 4.1 ha sido adecuada, las preguntas planteadas son genuinamente significativas y ninguna de ellas había sido planteada (excepto la c)), por lo menos en esos términos, en la práctica precedente.

Respecto a la clasificación en preguntas de aplicación o presuposición, las preguntas (consideradas como) significativas para la práctica flogicista son todas de aplicación, ya que no comprometen en su respuesta ninguna presuposición controversial, por lo menos desde la propia práctica, puesto que una vez establecida la revolución, todas afirmaciones acerca del flogisto resultarán controversiales. Sin em-

bargo, la pregunta acerca del aumento de peso durante la calcinación de algunos metales, que adquirió mayor relevancia con los experimentos de Lavoisier, contenía en su explicación una tesis controversial, ya fuera aquélla que defendían algunos respecto a que el flogisto tenía peso negativo o la que sostenían otros que afirmaba que no sufría las consecuencias de la gravedad. Esta pregunta, en este contexto, era una pregunta significativa de presuposición. De la misma manera, esta pregunta respondida con el esquema explicativo que proponía Lavoisier también contenía una hipótesis, la combinación del metal con la parte respirable del aire, que en ese momento producía discusiones acerca de su valor de verdad. Sin embargo, una vez aceptada esta afirmación como verdadera en el marco consensuado de la práctica de Lavoisier, esta pregunta pasó a ser una pregunta de ejemplificación significativa para, más tarde, resultar algo trillado.

Los ejemplos de cuestionamientos significativos propuestos aquí para la práctica consensuada luego de Lavoisier son preguntas de aplicación (a excepción quizá de la última dado que la naturaleza del calor era una cuestión de debate).

#### 4) Progreso en los enunciados

El progreso en los enunciados elaborados sobre la base de la teoría del flogisto respecto a los que luego se utilizan en los esquemas explicativos de la práctica anterior se produce en este caso, por lo menos, en las siguientes variantes descritas por Kitcher:

- se eliminan falsedades en favor de verdades: por ejemplo, el enunciado que dice:  
“Durante la calcinación de un metal en aire, el metal emite flogisto que es absor-

bido por el aire”, que es falsa, se reemplaza por una enunciado verdadera: “Durante la calcinación de un metal en aire, el metal se combina con parte del aire”.

- se agregan respuestas verdaderas a preguntas significativas: cualquiera de las respuestas a los ejemplos de preguntas significativas de la práctica de Lavoisier (a excepción de la última) es un progreso de este tipo.
- se elimina lo no significativo: las respuestas a las preguntas significativas de la práctica flogicista son ejemplo de esta variante del progreso de enunciados.

#### 5) Progreso instrumental

Cuando habla de progreso en esta dimensión, Kitcher parece requerir la existencia de un nuevo instrumento o técnica capaz de mejorar los enunciados. Como ya fue mencionado, la revolución de Lavoisier no produjo grandes novedades instrumentales. Sin embargo, se refinaron técnicas e instrumentos. La creación de un instrumento como su balanza de precisión y la modificación de las técnicas de laboratorio para el tratamiento de las reacciones químicas que implicaba, por ejemplo, la consideración de los gases en la cantidad de masa del sistema reaccionante, son suficientes como para considerar que hubo nuevos instrumentos y técnicas en este cambio científico. Indudablemente, estos avances permitieron dar la información cuantitativa necesaria para formular los enunciados usados en las explicaciones que requerían las nuevas preguntas planteadas. En consecuencia, también el progreso en el componente instrumental (o técnico) se da en este cambio científico.

## 6) Progreso en las pautas metodológicas

Considerando lo expuesto hasta aquí respecto a las otras dimensiones, las posibles pautas metodológicas presentadas en el punto 4.1 de este capítulo para las prácticas por consenso posterior a Lavoisier son coherentes con el progreso conceptual, erotético, explicativo y en los enunciados cuya ocurrencia se ha determinado. Así formulados, los ejemplos de estándares metodológicos propuestos estimularían las modificaciones experimentadas en los diferentes elementos de la práctica. De esta forma podemos afirmar que también hubo progreso en las reglas metodológicas con el consenso de la práctica de Lavoisier.

Por lo tanto, habiendo establecido el progreso en cada componente, puede afirmarse que el paso a una práctica dominada por la doctrina de Lavoisier constituyó, de acuerdo a las tesis de Kitcher, un progreso total y, en consecuencia, un gran avance para la química, como se lo considera retrospectivamente. El análisis realizado también permite confirmar las relaciones existentes entre el progreso de cada dimensión.

### 4.4- Lavoisier contra los flogicistas: el análisis de Kitcher<sup>5</sup>

Kitcher analiza la “revolución química” del siglo XVIII en un intento de desmitificar dos concepciones acerca de ella:

---

<sup>5</sup> En “The Advancement of Science”, Kitcher, 1993 [19].

- que implicó el derrumbe de la teoría del flogisto por la fuerza de la evidencia acumulada (la versión estándar de la ciencia o "la Leyenda" en términos de Kitcher.
- que no hubo argumentos cognitivos superiores para que los participantes de esta instancia histórica decidieran a favor de Lavoisier (la versión de Kuhn).

Kitcher considera que el trabajo de Lavoisier y sus colaboradores modificó todas las dimensiones de la práctica química y pretende defender la tesis de que hacia 1790, ellos habían puesto a disposición formas de razonamiento superior sustentando la tesis de que no había un análisis flogicista coherente de las reacciones químicas centrales y que había una concepción rival coherente de esas reacciones basada en las entidades (oxígeno, hidrógeno, etc.) que los químicos franceses reconocían. Para Kitcher, a mediados de la década del '80, Lavoisier estuvo en posición de proponer una perspectiva sobre la multitud de descubrimientos experimentales que podría demostrar a sus contemporáneos el poder explicativo de apelar al oxígeno y las dificultades de apelar al flogisto. Sugiere Kitcher, que al finalizar la década, no hubo ni desplazamiento de estándares, ni pérdidas de datos, ni tampoco una simple confirmación o falsificación. En vez de esto, hubo un proceso muy complicado que resultó en la posesión de una estrategia cognitiva que llevó a casi todos los contemporáneos de Lavoisier a modificar sus prácticas.

Kitcher considera que, en los años en que Lavoisier realiza los primeros experimentos en los que demuestra que el peso ganado en la calcinación de metales equi-

vale a la pérdida de peso del aire, los científicos partidarios del flogisto no tomaron ninguna de las siguientes actitudes que habitualmente algunos epistemólogos les asignan:

- no anunciaron que había explicaciones cualitativas como la semejanza de los metales, que la teoría de Lavoisier no podía equiparar.
- no cuestionaron su técnica de pesar reactivos y productos en una reacción química ('the balance sheet').
- no pretendieron (con algunas excepciones) una campaña a favor de la levedad del flogisto.

Por el contrario, los químicos flogicistas aceptaron que algo del aire se absorbía y trataron de combinar esta observación con su tradicional idea acerca de la emisión de flogisto. En este punto, Lavoisier no había arribado todavía, como lo haría en la década siguiente, a una explicación coherente de lo que ocurría en varias de las reacciones que él y sus opositores habían estudiado (calcinación, reducción calcinados y reacciones ácido-metal). Incluso aún cuando más tarde dio un argumento general y convincente de estas reacciones, su análisis no estuvo libre de problemas, al tratar e integrar sus ideas acerca de la composición con sus tesis acerca del calor.

Kitcher describe con detalle cómo los químicos flogicistas intentan conciliar las observaciones acerca de reacciones como la calcinación de metales y la reducción de los calcinados metálicos con aire inflamable y carbón con las restricciones que les

impone su teoría que les exige que el flogisto sea liberado del metal. Así, las hipótesis flogicistas incluyen:

- Poner en duda el balance de masas entre reactivos y productos.
- Afirmar que el flogisto tiene peso negativo.
- Considerar que el metal puede, simultáneamente, absorber algo del aire y liberar flogisto; este último puede ser absorbido por el aire restante o por la parte del aire que se une al metal.
- Asimilar el flogisto al aire inflamable (el actual hidrógeno), al agua o, en otras ocasiones, al aire fijo (lo que hoy conocemos como dióxido de carbono), lo cual podía depender de la temperatura a la que se llevaba a cabo la reacción.

Kitcher va mostrando cómo cada uno de estos intentos de conciliación caen en inconsistencias, mientras que la explicación que propone Lavoisier del mismo fenómeno, si bien no exenta de problemas, resulta siempre más coherente.

Con esto Kitcher muestra el camino por el que usualmente argumentan los participantes de un debate científico: la eliminación de alternativas a través del surgimiento de inconsistencias, la retirada forzada de problemas sin solución, la consideración de restricciones teóricas. La historia real fue, según Kitcher, más compleja de como usualmente se la presenta. Finalmente, Lavoisier y sus colegas hicieron fracasar los argumentos flogicistas mostrando sus dificultades en explicar las reacciones químicas, pero este proceso no fue nada fácil ni sencillo. Los principales exponentes de la teoría del flogisto intentaron mostrar también los problemas que presentaba la teoría

**ANALISIS EPISTEMOLOGICO**  
**Capítulo 4 –Kitcher: un cambio entre prácticas consensuadas**

---

de los químicos franceses (por ejemplo, la tabla de afinidades químicas que Lavoisier propuso) y en reiteradas oportunidades tuvieron éxito gracias a su habilidad científica.

**Capítulo 5**

**CONSIDERACIONES FINALES**

En los capítulos anteriores de este segundo bloque, se ha analizado lo que se conoce como la "revolución química" del siglo XVIII a la luz de tres teorías epistemológicas contemporáneas diferentes, propuestas respectivamente por Kuhn, Lakatos y Kitcher. La intención ha sido, en base a los datos históricos presentados, aplicar los criterios epistemológicos propuestos por cada autor a este proceso de la historia de la química en particular. Con algunas pocas excepciones, se ha logrado identificar los rasgos que cada pensador propone para un cambio tan significativo en la historia de una disciplina como el que se llevó a cabo en la química con el trabajo de Lavoisier. Cabe aclarar que en el análisis no se ha pretendido abrir juicio sobre la adecuación a los hechos históricos presentados de cada una de las posiciones epistemológicas estudiadas, y en todo momento se ha tratado de encontrar ejemplos que se ajustaran a la definición del autor. Más aún, para poder juzgar estas propuestas a la luz de los datos históricos se requeriría de información histórica más profunda y detallada que la que aquí se presenta, incluyendo un análisis de fuentes primarias.

Al nivel del análisis realizado, las tres epistemologías estudiadas logran describir adecuadamente lo que ocurrió en el desarrollo de la química a mediados del siglo XVIII. Sin embargo, sus diferencias permiten ahondar en la comprensión de distintos aspectos de la revolución química y este enriquecimiento que se logra comparando las tres versiones es lo que se destaca en este apartado final. Pese a las particularidades de cada perspectiva, sólo en algunos puntos se ha puesto en evidencia el fuerte contraste de la concepción kuhniana respecto a las otras dos posiciones. En primer término, se considerarán los aspectos enriquecedores que cada posición

aporta desde su enfoque, para analizar posteriormente los puntos conflictivos identificados.

Entre las cuestiones en las que las tesis de Kuhn, Lakatos y Kitcher se complementan y que se consideran de relevancia, pueden destacarse las siguientes:

**1) *La química como ciencia madura***

Entre los autores considerados, es Kuhn quien establece precisiones sobre la caracterización de la "ciencia madura" como el estado al que accede una disciplina desde su situación de "preciencia". La distinción resulta importante ya que es por su condición de ciencia madura que una disciplina se constituye en objeto de consideración, es decir, como ámbito al que se aplican las tesis epistemológicas que cada pensador aporta desde la unidad de análisis identificada, a saber, "paradigma," "programa de investigación" y "práctica científica". Además, esto permite evidenciar que fue escaso el tiempo transcurrido desde la instancia histórica en que la química adquirió el carácter de una disciplina científica hasta que se produjo la revolución de Lavoisier.

Cabe señalar que Lakatos brinda también una demarcación entre "ciencia madura" e "inmadura", según sus propios términos, aunque el concepto no alcanza en su propuesta la relevancia ni la profundidad de tratamiento que le otorga Kuhn. No obstante, la aplicación de este criterio permite llegar a las mismas conclusiones que en el caso anterior con respecto a la situación de la química en el período que nos ocupa, en cuanto a que era ya una ciencia madura.

## 2) *La unidad de análisis*

La propuesta de cada epistemólogo a este respecto es diferente ya que la elección de la unidad de análisis responde a la perspectiva particular de cada pensador. Desde el aporte del enfoque histórico, Kuhn propone una unidad de análisis global, de carácter holista, que integra elementos diversos en un conjunto abarcativo históricamente configurado: el paradigma. Lakatos, por su parte, concibe una unidad que, articulada por distintos componentes, constituye una dinámica que le permite atravesar diferentes momentos históricos, aunque con distintos ritmos: los programas de investigación. A partir de una postura más analítica, Kitcher atiende particularmente a las diferentes dimensiones que es posible reconocer en la actividad científica, configurando un conjunto en el que se describe cada aspecto en su particular desarrollo; tal conjunto constituye la práctica científica.

A pesar de sus particularidades, las tres unidades contienen elementos análogos, aunque distribuidos de diferente manera y con distinto peso relativo en cada caso. En tal sentido, en las mencionadas estructuras es posible reconocer componentes tales como: problemas, reglas, hipótesis, términos específicos, entre otros. En algunos casos las descripciones realizadas resultan complementarias. Por esta razón, fue posible caracterizar cada unidad de análisis sin que se presentaran contradicciones.

Cabe destacar que el concepto de paradigma constituye una propuesta muy fructífera para comprender ciertas instancias históricas en el desarrollo de una disciplina; no obstante, su definición resulta la más ambigua y nebulosa en comparación con las correspondientes a las otras unidades de análisis, posiblemente debido a la amplitud de elementos de diferentes niveles que la configuran. La conceptualización que ofre-

ce Kuhn en "La estructura..." no logra establecer suficientes precisiones tanto para el significado del propio término como para sus elementos constituyentes. Algo semejante ocurre con el concepto de "núcleo firme" en Lakatos, para el cual no se cuenta con una definición explícita sino más bien con ejemplificaciones de su posible aplicación. Por el contrario, la noción de "práctica científica" presentada por Kitcher ofrece definiciones precisas de cada uno de los componentes integrantes del conjunto que es objeto de sus consideraciones. Cabe señalar que las teorías científicas, que constituirían la unidad de análisis de la epistemología tradicional, aparecen como un componente tanto de los paradigmas como de los programas de investigación científica aunque no son, como tales, elementos específicos de análisis en el conjunto de las prácticas científicas de Kitcher.

La identificación de los elementos que componen la unidad de análisis que cada autor propone hace posible ahondar en diferentes aspectos de la teoría del flogisto y la propuesta de Lavoisier. En el primer caso, el análisis que corresponde a los criterios aportados tanto desde la noción de paradigma como desde la de programa de investigación, permite detectar las anomalías presentes en esa instancia de la disciplina como así también las hipótesis formuladas por los defensores de la teoría para superarlas. La propuesta de Kitcher, en cambio, no incluye el concepto de anomalía como un componente específico del conjunto que conforma la práctica científica aunque hace referencia a las estrategias para resolverlas en el caso particular de la teoría del flogisto. Por su parte, el análisis de la teoría flogicista y de su predecesora en cuanto prácticas consensuadas, permite abordar aspectos que las propuestas de Kuhn y Lakatos no privilegian; entre ellos destacamos la posibilidad de clarificar las

preguntas y las respuestas en relación a los problemas relevantes, así como los esquemas explicativos utilizados en cada caso, en los que Kitcher pone especial énfasis.

### **3) *Los objetivos***

Como un rasgo que recupera la visión tradicional de la ciencia, la tesis de Kitcher incluye explícitamente la referencia a objetivos que orientan la práctica científica; más aún, la consecución de la verdad es considerada como la meta suprema de la ciencia. Por el contrario, y coincidiendo con la actitud escéptica con respecto a la posibilidad de que las teorías científicas reflejen la realidad, Kuhn niega que exista una meta externa y objetiva tal como la verdad, en cuya dirección trabaje la comunidad científica, que sirva como criterio para evaluar los resultados que se obtengan.

Del análisis realizado oportunamente sobre textos de Lavoisier, y atentos a los contenidos de sus propias expresiones, resulta evidente que la mencionada tesis de Kitcher responde más adecuadamente a la presencia de objetivos, entre los que se cuenta la verdad, en los trabajos del investigador.

### **4) *La comunidad científica***

Tanto Kuhn como Kitcher hacen referencia a la relevancia de las peculiaridades de la comunidad científica en tanto protagonista del cambio científico que resulta, en última instancia, de sus propias decisiones. Contrariamente, Lakatos, más cercano a la visión popperiana del tercer mundo, no se ocupa especialmente de este tópico. Kuhn hace hincapié en las particularidades de este grupo humano en relación a otras

comunidades y al desarrollo de sus actividades de preparación y de investigación, mientras que Kitcher pone el acento en la jerarquía social que adquieren los científicos en estos grupos a través de las pautas de credibilidad. Los datos históricos disponibles no han permitido describir exhaustivamente las características de la comunidad científica del siglo XVIII que experimentó la transición de la teoría del flogisto a la de Lavoisier, de modo que no se aportan detalles más significativos de este aspecto.

##### **5) El cambio científico**

Las causas que provocan los grandes cambios en la historia de una ciencia y los mecanismos por los que se producen son diferentes para cada teoría epistemológica. En Kuhn es la acumulación de anomalías la que provoca la crisis del paradigma y la aparición de un nuevo candidato que, luego de un período de competencia, resulta victorioso, consumando una revolución científica. Para Lakatos, no son tanto las anomalías las que provocan los cambios sino la incapacidad de un programa de investigación para explicar nuevos hechos, es decir, su carácter regresivo; éste es reemplazado por otro progresivo, luego de una lucha previa entre los defensores de uno y otro. Finalmente, Kitcher no establece con precisión cuál es el motivo por el que algún o algunos científicos deciden modificar sus prácticas, pero asume la existencia de un período de debate que termina con la instalación de una nueva práctica consensuada.

Tales propuestas tienen algunos puntos en común pero difieren en otros. Las anomalías, que juegan un rol fundamental en Kuhn están presentes, pero con un pa-

pel secundario, en Lakatos y Kitcher casi ni las menciona. Los datos históricos revelan que la teoría del flogisto tenía problemas en explicar ciertos fenómenos, es decir, había anomalías, tanto en el sentido que les otorga Lakatos como en el de Kuhn, y de hecho pudieron ser identificadas con la información vertida en la exposición histórica del primer bloque. Ahora bien, el papel real que éstas jugaron no puede determinarse directamente de los datos históricos presentados, y de aquí que tanto las tesis de Kuhn como la de Lakatos se adecuen a los mismos. Para establecer cuál de las posiciones describe mejor el papel de las anomalías en la revolución química del siglo XVIII, es decir, si son las que generan la crisis o si simplemente están ahí obligando a producir hipótesis *ad-hoc* que conducen a teorías regresivas, es algo que no puede definirse en el análisis realizado, pudiendo ser factible tanto una versión como la otra. Es posible que la disponibilidad y estudio de fuentes primarias o de las expresiones de los propios científicos involucrados pudieran aclarar este punto.

Pese a las diferencias entre los dos autores mencionados respecto al papel de las anomalías, hay algo que es común en ellos y que de alguna manera aparece también en Kitcher (punto 4.4, Capítulo 4) y es la elaboración de hipótesis auxiliares o *ad-hoc* que permitieran superar las inconsistencias de la teoría flogicista.

Otro punto en común entre los autores, y que es avalado por el desarrollo de los acontecimientos relacionados a la evolución de la química del siglo XVIII, es la existencia de un período de conflicto o debate entre los defensores del paradigma o programa de investigación o práctica científica tradicional y el nuevo. Kuhn, Lakatos y Kitcher también comparten la idea de que tales períodos pueden ser prolongados y que están sembrados de ataques y contraataques entre los distintos bandos. En re-

lación a esto, estas epistemologías hablan de la fuerte resistencia que presentan algunos científicos a modificar la tradición, lo cual en el caso que nos ocupa está representado por la actitud de Priestley.

Un último aspecto en el que hay algunos puntos de contacto y otros de conflicto agudo, es con respecto a los motivos por los que los científicos definen el debate científico a favor del nuevo candidato. Existe coincidencia entre las posiciones de los autores en relación a la incidencia de valores no-epistémicos en las decisiones de cada científico en particular. Sin embargo, las diferencias en cuanto al rol y relevancia de los mismos son profundas y serán analizadas posteriormente. Respecto a la participación de factores extracientíficos, la evidencia histórica presentada permite afirmar que pueden haber tenido injerencia en las conductas de los científicos que protagonizaron los acontecimientos que llevaron a los grandes cambios que ocurrieron en la química a mediados del siglo XVIII, aunque no es posible determinar en qué medida la tuvieron.

#### **6) Las pérdidas**

En la visión de Kuhn, todo cambio de paradigma involucra logros o ganancias (resolución de anomalías, planteo de nuevos interrogantes, etc.) pero también conduce inevitablemente a ciertas pérdidas, en cuanto se dejan de lado cuestionamientos, modelos explicativos, soluciones, etc., logrados por el paradigma anterior. Kuhn señala expresamente esta situación involucrada en el caso específico de la transición al paradigma de Lavoisier :

“... significó no solo la pérdida de una pregunta permitida sino también el de una solución lograda; sin embargo tampoco esa pérdida fue permanente. En el siglo XX, las preguntas respecto a las cualidades de las sustancias químicas han sido nuevamente incluidas en la ciencia, junto con algunas respuestas.”

Kuhn, “La estructura de las revoluciones científicas” (en [11], pág. 231).

Entre las pérdidas, Kuhn contabiliza algunas explicaciones exitosas de la teoría del flogisto referidas a la semejanza entre ciertas sustancias<sup>1</sup>, que no estarían incluidas en el nuevo paradigma. Las explicaciones respecto a cualidades dentro de la teoría flogicista, estaban dadas en función de principios, en particular, del flogisto. Dado que el flogisto no existe en la propuesta de Lavoisier, ninguna explicación que se base en este principio será válida y, desde este punto de vista, se habrán perdido tales explicaciones. Sin embargo, resulta difícil aceptar que la semejanza de los metales explicadas según la cantidad de flogisto pueda considerarse como un éxito del programa flogicista. Personalmente, considero a las explicaciones flogicistas acerca de cualidades al mismo nivel de que las explicaciones respecto a las reacciones químicas, es decir, que no constituyen soluciones logradas o exitosas. Además, el flogisto no ha sido restituido (por lo menos por el momento) por ninguna teoría química posterior a Lavoisier y por lo tanto, lo único que se ha recuperado en la química del siglo XX es la pregunta acerca de las cualidades que sí perdió relevancia luego de la re-

---

<sup>1</sup> Kuhn habla de una “solución lograda”; también Kitcher en “The Advancement of Science” [19] se refiere a estas explicaciones como “exitosamente” acometidas por los proponentes de la teoría del flogisto.

volución. Pero las soluciones actuales no apelan en lo absoluto a principios sino a otras entidades muy diferentes tales como los átomos y las partículas subatómicas.

Kitcher aborda la tesis de Kuhn sobre la posterior restitución de las pérdidas, al considerar el progreso explicativo [16]. Plantea lo siguiente: si existe un esquema explicativo exitoso en una práctica que desaparece en su sucesora, cómo podría considerarse que ese cambio fue realmente progresivo? Al respecto sostiene que, por lo menos en el caso del flogisto y Lavoisier, lo que se pierde (si realmente algo se pierde) son sólo ideas vagas que no pueden articularse en esa nueva etapa del desarrollo de la ciencia. Pero, simultáneamente, en ese cambio se ganan esquemas explicativos que generan preguntas significativas y manejables; el proceso de dar respuesta a tales preguntas, en última instancia, llevará a recuperar posteriormente lo que se perdió. De este modo, aún considerando que un cambio de este tipo no implica progreso en esquemas explicativos, resulta, por lo menos, erotéticamente progresivo. Considero que esta descripción de Kitcher en relación a las pérdidas en el caso particular que se trata aquí, es más adecuada que la de Kuhn. Al tratar con esquemas explicativos, es posible proponer respecto a las pérdidas que lo que posteriormente se restituye es la pregunta junto con el *esquema argumental* pero no el esquema explicativo en sí mismo; esto es, en mi opinión, lo que podría decirse respecto a las explicaciones de ciertas cualidades de las sustancias. Considero poco probable que alguno de los enunciados usados en explicaciones flogicistas respecto a cualidades esté involucrada en las explicaciones actuales sobre este tópico.

### 7) El progreso

Las notas respecto al progreso son diferentes en los tres autores. Por una parte, se destaca lo enriquecedor del aporte de Kitcher al analizar cada una de las dimensiones en que puede progresar un campo científico; este criterio resulta adecuado al desarrollo de las ciencias en general, y en particular a la instancia estudiada, permitiendo clarificar la extensión del cambio que produjo Lavoisier. Kitcher atribuye al proceso por el que se introducen, se refinan, se generalizan y se extienden los esquemas explicativos, un carácter acumulativo.

El programa de investigación de Lakatos implica una *continuidad* del progreso a través de los cambios en la serie de teorías. Esta noción de progreso en relación a los cambios internos de un programa aporta aspectos importantes al poner el acento en la capacidad heurística del mismo, es decir, para descubrir nuevos hechos y explicar otros, aspecto que no está suficientemente destacado en el progreso multidimensional de Kitcher. Como fue establecido oportunamente, el programa de Lavoisier tuvo mayor capacidad heurística que el del flogisto, lo cual se evidencia en el hecho de que parte de su propuesta constituye las bases de la química tal como hoy se practica.

La tesis kuhniana de la diferenciación del progreso en función de la etapa en la que una disciplina se encuentre, preciencia, ciencia normal o revolución científica, acerca una caracterización adicional de este aspecto del desarrollo de una ciencia. Este análisis aplicado a la química desde sus comienzos más remotos hasta el momento de la revolución que produjo el abandono del paradigma flogístico, pone en evidencia en qué medida pueden considerarse como progreso los avances que ocu-

rrieron en cada uno de estos periodos. También es importante en la teoría epistemológica de Kuhn el papel que juega la comunidad científica en la configuración de las características que asume el progreso. Considero que las notas que este autor atribuye a los científicos como grupo humano describen adecuadamente la constitución de estas comunidades, según lo indica mi experiencia universitaria en el aprendizaje de la química, mi formación de postgrado y mi desempeño actual como integrante de un grupo de investigación.

En la propuesta epistemológica de Kuhn el progreso es acumulativo y continuo en las etapas de ciencia normal, pero no presenta estas características en las revoluciones, que son consideradas precisamente como rupturas no-acumulativas que alteran la continuidad del progreso. Esto se debe a los profundos cambios que se producen durante estos episodios, incluyendo las pérdidas, y la inexistencia de una meta externa a la ciencia hacia la cual se dirija la actividad científica. En el mismo sentido, Lakatos considera a los cambios entre programas como discontinuidades en el desarrollo de una ciencia.

Hasta aquí se han establecido los puntos de contacto y aquellos en los cuales las propuestas de Kuhn, Lakatos y Kitcher resultan en cierto modo complementarias en el análisis de la transición entre la teoría del flogisto y la de Lavoisier. En adelante se destacarán las tesis de estos epistemólogos en las que se enfrentan abiertamente, las cuales se constituyen en las críticas mutuas entre estos autores, y que se centran en la tesis de inconmensurabilidad y la racionalidad del cambio científico. En líneas

generales, se evidencia que en estos aspectos las tesis de Lakatos y Kitcher se oponen a las propuestas de Kuhn, como surge del siguiente análisis:

### **1) La tesis de la inconmensurabilidad**

La noción de inconmensurabilidad kuhniana que se asocia (erróneamente según Kuhn) a la imposibilidad de comparación entre paradigmas, programas de investigación en Lakatos o teorías en Kitcher (y en el último Kuhn), es negada por Lakatos y por Kitcher. En particular, la inconmensurabilidad a nivel semántico que se origina en la intraducibilidad de ciertos términos recibe la crítica de Kitcher, a quien Kuhn responde especialmente. Kuhn establece que la inconmensurabilidad no implica la incomparabilidad de la que se lo acusa, dado el carácter local de la misma. La posición de Kitcher, explícitamente opuesta a la de Kuhn, establece la posibilidad de determinar los referentes de términos como "flogisto" o "aire deflogistizado" en la teoría de Lavoisier, gracias a la heterogeneidad del potencial de referencia. Así, para Kitcher es posible identificar "aire deflogistizado" con "oxígeno", algo que Kuhn niega dado que no existe un referente en la taxonomía que impone la teoría de Lavoisier al que pueda asignarse el término flogicista. Algo semejante ocurre con el término "flogisto", al cual Kitcher asigna varios posibles referentes según el contexto, el hidrógeno o el oxígeno, por ejemplo, en función de la heterogeneidad del potencial de referencia. Sin embargo hay ocasiones en las cuales "flogisto" no tiene referente; Kuhn no acepta ninguna de las estrategias que Kitcher sugiere para superar esta situación porque siempre conducen a lo mismo, la imposibilidad de una traducción término a término.

Pese a que ambos análisis, tanto el de Lakatos como el de Kitcher, pueden llevarse a cabo (puntos 2.4 y 4.1 de los Capítulos 2 y 4, respectivamente), el utilizar uno u otro criterio conduce a resultados contradictorios: o es posible hablar indistintamente de aire deflogistizado y oxígeno, o es imposible. Los datos históricos presentados no constituyen por sí mismos una fuente suficiente para definir tal conflicto, porque se ha visto que pueden ser encuadrados tanto en uno como en otro esquema. No obstante, el hecho de que haya existido comunicación entre Priestley y Lavoisier, lo cual es utilizado por Kitcher para rechazar la inconmensurabilidad, también es explicado por las últimas versiones de la tesis de Kuhn. En ellas destaca especialmente la existencia de términos que no se modifican y que sirven de base para iniciar la *comprensión* de las teorías en competencia entre los científicos que militan en bandos opuestos (no obstante, por profunda y completa que sea la comprensión, nunca permitirá una comparación punto a punto entre las teorías, puesto que siempre habrá un reducto de términos intraducibles). De modo tal que los acontecimientos, por lo menos al nivel de análisis presentado, no permiten definir quién describe mejor el alcance de los compromisos ontológicos que asume el lenguaje en los episodios de cambio científico. Más aún, considero que difícilmente los hechos históricos puedan servir para este fin, dado que las diferencias entre las posturas de Kuhn y Kitcher no se refieren solamente a distintas maneras de "describir" los acontecimientos, sino que responden a perspectivas filosóficas diferentes que resisten a una comparación evaluativa de carácter "empírico".

Personalmente, en base a mi experiencia al abordar la teoría del flogisto o las propuestas de Lavoisier desde mi formación como química, considero que el proceso

que hace posible acceder a estas teorías es uno que responde al concepto de interpretación kuhniano, y no a una traducción del tipo de la de Kitcher. Cuando un químico se enfrenta a estas teorías trata constantemente de comprenderlas refiriéndolas a las propias estructuras y efectivamente, cuando en tales esquemas no hay un concepto equivalente al de la vieja teoría, la comprensión se dificulta; un ejemplo de esta situación tiene que ver con el esfuerzo de comprender acabadamente qué se entiende por "principio" en el sentido de Stahl, teniendo tan arraigada a través de la formación en la disciplina, la teoría atómica de la materia.

## **2) La racionalidad del cambio científico**

El segundo punto en el que difieren fuertemente los autores es con respecto a las razones por las cuales los científicos definen sus posiciones en un debate científico. Nuevamente Lakatos y Kitcher se oponen a las tesis kuhnianas. Ha sido mencionado que los tres epistemólogos aceptan la incidencia de valores no-epistémicos en las elecciones entre teorías/paradigmas/programas de investigación/prácticas consensuadas. No obstante, el aporte relativo de éstos frente a las "buenas razones" (las relativas a la lógica y la observación) es diferente en cada una de las posiciones, en particular para Kuhn, cuya propuesta recibe serias objeciones. En este sentido, atendemos a los siguientes aspectos:

- acusación de irracionalismo: Kuhn rechaza tal calificativo estableciendo la tesis según la cual si bien las "buenas razones" cumplen una función en las transiciones revolucionarias, las mismas no tienen un carácter decisivo. Esto se desprende de la noción de inconmensurabilidad e implica que no se cuenta con un algo-

ritmo de decisión que el científico o la comunidad científica puedan aplicar para tomar las decisiones pertinentes en los casos de elección entre teorías.

- relevancia de las argumentaciones: desde una posición contrapuesta, a la anteriormente mencionada, Kitcher plantea que en un debate científico deberían ser los argumentos los que priman en la toma de decisiones, si bien los factores extracientíficos pueden tener influencia pero no con carácter definitorio. Precisamente, utiliza la revolución química del siglo XVIII como ejemplo histórico a favor de su tesis sobre la superioridad de los argumentos cognitivos y en contra de lo que enuncia como "la versión de Kuhn", según la cual tales argumentos no existen (difícilmente Kuhn acepte esta exposición de su propuesta).
- distinción entre historia interna o externa: en una postura semejante a la de Kitcher, Lakatos acepta que ciertos factores extracientíficos pueden afectar el desarrollo del proceso de cambio de teorías, pero en tal caso éstos no se incluyen en la historia interna o reconstrucción racional de la ciencia, que es el que constituye propiamente el ámbito del análisis epistemológico. Según las tesis lakatosianas, existe una razón objetiva para el rechazo de un programa de investigación a favor de otro que consiste precisamente en su mayor capacidad heurística.

Ante esta divergencia, cabe preguntarse cómo es posible una comprensión ajustada a la realidad del cambio que ocurrió en la química del siglo XVIII dentro de estos marcos alternativos diferentes y opuestos. Que hubo factores externos a la ciencia que afectaron la actitud de ciertos científicos flogicistas frente a las propuestas de

Lavoisier parece corresponderse con la realidad. Por otro lado, el hecho de que el programa de Lavoisier superaba al de Stahl tanto en los esquemas explicativos como en poder heurístico ha sido establecido oportunamente y es independiente de la posición epistemológica desde la que se realice el análisis (por lo menos en mi opinión). También es cierto que, si bien permitió superar anomalías de la teoría del flogisto, el conjunto de hipótesis que constituye la propuesta de Lavoisier tampoco estuvo exento de problemas. En resumen, pueden identificarse los elementos que cada posición señala como determinantes de las decisiones científicas pero lo que no puede establecerse definitivamente, por lo menos no con los datos disponibles, es el peso de los factores científicos respecto a los valores extracientíficos en las decisiones personales de cada químico en la revolución del siglo XVIII. Es posible que esto pueda lograrse estudiando fuentes primarias en las que los personajes de la historia manifiesten explícitamente qué fue lo que determinó su decisión. Por supuesto, tal evidencia no estará contenida en memorias a la Academia o trabajos científicos porque en ellos se evita cuidadosamente el apelar a cuestiones diferentes a las puramente objetivas, lógicas o empíricas. Para ello sería necesario acceder a comunicaciones personales en las que, libre de las exigencias que impone la tarea científica, pudieran expresarse otro tipo de opiniones.

Personalmente, y como integrante de un grupo dedicado a la tarea científica, adhiero a la posición según la cual cuestiones externas al ámbito científico juegan, por lo menos en algunos casos, un papel bastante importante. Un trabajo científico puesto a consideración para su publicación en una revista especializada internacional y realizado en un laboratorio de una universidad del Cono Sur es "escudriñado"

en detalle y difícilmente aceptado en primera instancia, debiendo cumplir con exigencias que van desde el contenido hasta el idioma. Por el contrario, el análisis de las numerosas publicaciones de los principales exponentes americanos o europeos en un tema muestra con cuánta facilidad acceden a la publicación de sus trabajos, aún cuando frecuentemente (más de lo que podría esperarse) éstos contienen errores o caen en contradicciones. No pretendo decir con esto que el origen de un trabajo científico determina inexorablemente su suerte, pero sí influye en el tratamiento que recibe. Aunque lo mencionado corresponde a lo que Kuhn denominaría el desarrollo de la "ciencia normal", esto se agudiza si lo que está en juego es la suerte de alguna teoría, es decir, una pequeña revolución.

---

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] A. C. CROMBIE (1980), "Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo – 1. La Ciencia de la Edad Media: siglos V al XIII", 3ª edición, Madrid, Alianza Editorial.
- [2] A. C. CROMBIE (1980), "Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo – 2. La Ciencia en la Baja Edad Media y comienzos de la Edad Moderna: siglos XIII al XVII", 3ª Edición, Madrid, Alianza Editorial.
- [3] J. G. FONT (1974), "Historia de la Ciencia", 6ª edición, Barcelona, Ediciones Danae.
- [4] G. BOIDO, E. FLICHMAN, J. YAGÜE y otros. (1988), "Pensamiento Científico", Vol. 1, Buenos Aires, PRO CIENCIA Conicet.
- [5] S. TOULMIN, J. GOODFIELD (1962), "The Architecture of Matter", Londres, Hutchinson & Co.
- [6] *Notes on phlogiston theory (From Stephen Mason, A History of the Sciences: pp. 303-13)* [en línea] < <http://www.kauri.loncoln.ac.nz/phil/phil303/notes/phlogist.html> > [Consulta: 20 agosto 2000].
- [7] T. S. KUHN (1996), "La tensión esencial", 2ª Edición, México, Fondo de Cultura Económica.
- [8] L. HALPERIN DONGHI (1967), "Lavoisier", Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.
- [9] I. ASIMOV (1982), "Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología", Madrid, Alianza Editorial.

- 
- [10] G. BOIDO (1989), "Lavoisier: la madurez de la química", CIENCIA HOY, Vol. 1, N°3, 78-80.
- [11] T. S. KUHN (1992), "La estructura de las revoluciones científicas", 4° Edición, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica de Argentina.
- [12] *Robert Boyle, R. Blatchley, J. Shepelavy* [en línea] <http://www.woodrow.org/teachers/ci/1992/Boyle.html> [Consulta 26 noviembre 2000].
- [13] *HERMAN BOERHAAVE, by Samuel Johnson* [en línea] <<http://www.samueljohnson.com/boerhaave.html#12>> [Consulta 26 noviembre 2000].
- [14] A. R. PEREZ RANSANZ (1999), "Kuhn y el cambio científico", México, Fondo de Cultura Económica.
- [15] T. S. KUHN (1989), "Conmensurabilidad, comparabilidad y comunicabilidad", en "*¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*", Barcelona, Ediciones Paidós.
- [16] I. LAKATOS (1983), "La metodología de los programas de investigación científica", Editores J. Worall y G. Currie, Madrid, Alianza Editorial.
- [17] R. GAETA, S. LUCERO (1996), "Imre Lakatos, El falsacionismo sofisticado", 2° Edición, Buenos Aires, Oficina de Publicaciones del C.B.C., Universidad de Buenos Aires.
- [18] G. KLIMOVSKY (1994), "Las desventuras del conocimiento científico", Buenos Aires, A-Z Editora.
- [19] P. KITCHER (1993), "The Advancement of Science", New York, Oxford University Press.