

HISTÓRIA DA QUÍMICA

Terceira Parte

A Modernidade da Química

Tomo I



Conselho Editorial da LF Editorial

Amílcar Pinto Martins - Universidade Aberta de Portugal

Arthur Belford Powell - Rutgers University, Newark, USA

Carlos Aldemir Farias da Silva - Universidade Federal do Pará

Emmánuel Lizcano Fernandes - UNED, Madri

Iran Abreu Mendes - Universidade Federal do Pará

José D'Assunção Barros - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Luis Radford - Universidade Laurentienne, Canadá

Manoel de Campos Almeida - Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Maria Aparecida Viggiani Bicudo - Universidade Estadual Paulista - UNESP/Rio Claro

Maria da Conceição Xavier de Almeida - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Maria do Socorro de Sousa - Universidade Federal do Ceará

Maria Luisa Oliveras - Universidade de Granada, Espanha

Maria Marly de Oliveira - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Raquel Gonçalves-Maia - Universidade de Lisboa

Teresa Vergani - Universidade Aberta de Portugal

JUERGEN HEINRICH MAAR

HISTÓRIA DA QUÍMICA

Terceira Parte

A Modernidade da Química

Tomo I



2025

Copyright © 2025 os autores
1ª Edição

Direção editorial: Victor Pereira Marinho e José Roberto Marinho

Capa: Fabrício Ribeiro, com base em proposta original de Thomas Maar.

Ilustração da capa: Laboratório da antiga Escola Politécnica de Lisboa. Fotografia do autor, reproduzida com permissão do Museu de História da Ciência da Universidade de Lisboa.

Direitos autorais: do autor.

Direitos autorais do ensaio “Modernidad de la Química hace un siglo”: Santiago Alvarez.

Edição revisada segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Maar, Juergen Heinrich
História da química: terceira parte: a modernidade da química: tomo I / Juergen Heinrich Maar. –
1. ed. – São Paulo: LF Editorial, 2025.

Bibliografia.
ISBN 978-65-5563-549-2

1. Química - História I. Título.

25-255988

CDD-540

Índices para catálogo sistemático:
1. Química: História 540

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.

Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei Nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



EDITORIAL

LF Editorial

www.livrariadafisica.com.br

www.lfeditorial.com.br

(11) 2648-6666 | Loja do Instituto de Física da USP

(11) 3936-3413 | Editora

“O passado é, por definição, um dado que coisa alguma consegue modificar. Mas o conhecimento do passado é uma coisa em progresso, que ininterruptamente se transforma e se aperfeiçoa”.

(Marc Bloch)

“Um historiador deve entrar nos arquivos do passado como um sacerdote entra no templo da sua religião: com a mesma fé e com o mesmo espírito de sacrifício. Ambos estão ao serviço da verdade e quem se devota à verdade dispõe-se a sofrer e a ter a paciência de Job”.

(Rocha Pombo)

Para Monica, sempre, pois

*“A felicidade diáfana e elísea,
A simplicidade clara e eterna.
A tranquilidade emanando terna,
O amor cego que se aferra
Aos felizes e simples e tranquilos”
(dos “Poemas Domésticos”, poema XXIV)*

Para meus netos:

*Geoffrey, Oliver, Ben, Emma, Max, Gunther, e in
memoriam Ulrich*

METAS

*O mais alto de nós não é mais que um conhecedor mais
próximo do oco e do incerto de tudo.
(Fernando Pessoa, do "Livro do Desassossego")*

Por que devassarei eu ordens secretas
Se decretas metas e metas?
Por que são secretas as ordens que há em tudo,
Tudo que parece que importa, sobretudo
O que importa para as metas secretas?

Ordens secretas de números e ordens,
Ordens secretas de resultados
Sonhados, revistos, encontrados.
Organizados, estruturados, reconhecidos
Como parecidos às metas que decretas.

Secretas as ordens de tons e sons,
Secretas variantes de brilhos e ofuscares,
De todos os sons que buscares
Nas celestiais músicas celestes,
Nas roupagens de brilhos que vestes.

Rígidas são as estruturas.
Cubo, tetraedro, octaedro e poliedro
E outras formas futuras
Que poderiam conter os modelos, formas puras.

Formas, mas de que? De átomos mortos
E moléculas vivas, filamentos e fragmentos torcidos e tortos,

De elo a elo ligados por forças invisíveis
Que tentamos decifrar com teorias risíveis.

Por que devassar as ordens secretas?
Há sempre o que falta.
Há sempre o que ainda falta.
Há sempre a meta incompleta.
Há sempre a meta ainda incompleta.
Se não, por que estaríamos nós aqui
Se lá do fundo, imensa, incrivelmente imensa,
A verdade apenas nos sorri,
Sabendo que será eterna – e secreta.

Juergen Heinrich Maar

APRESENTAÇÃO.

As motivações que tive para elaborar esta extensa e abrangente “História da Química”, planejada para quatro volumes de aproximadamente 1000 páginas cada, foram inicialmente algumas constatações que fiz durante a minha atividade profissional, citadas aqui aleatoriamente e não em ordem de relevância: a existência de uma lacuna em nossa bibliografia sobre química e história da química; a inexistência de um texto de história da química que contivesse não só história, mas também química; a necessidade de divulgar o conhecimento científico (químico, no caso) de uma forma integrada à atividade cultural como um todo, considerando que Ciência e Tecnologia são afinal os principais agentes que caracterizam a modernidade, e de um modo ou de outro têm interesse para todos. A ausência de uma adequada formação científica na formação do cidadão contribui para um ressurgimento de posturas pseudocientíficas e mesmo de um irracionalismo, e observa-se a quase ausência de uma cultura científica no contexto latino-americano; a falta de conhecimentos humanísticos no ensino das ciências torna, a médio prazo, essas ciências um campo estéril, impessoal, desligado do cotidiano.

A série de livros que me propus a produzir pretende contribuir para minimizar os problemas citados. Assim, a história da química está sendo abordada no contexto da história da ciência como um todo, e esta por sua vez como integrante da história cultural da Humanidade. Evitam-se assim as já não tão importantes controvérsias entre uma visão internalista e uma visão externalista da história da ciência (leia-se química), apresenta-se, contudo, um texto acessível e de interesse para químicos e para não químicos, pois os químicos encontrarão nele os fatos e as teorias da química, e os não químicos verão que a química é também uma atividade cultural, intelectual e humanística plena, como já o dizia o historiador da química John Read. Acreditamos ser esta a apresentação mais adequada, pois nenhuma ciência é uma ilha de conhecimento. Alojara a história da química num contexto cultural e humanístico amplo evita a formação de mentes que o historiador George Sarton chama de “tão afiadas e tão estreitas como o fio da navalha”. Como dizia Lichtenberg, físico e filósofo do Iluminismo: “quem entende só de química,

também desta nada entende”. Procuro uma ponte entre as “duas culturas” de Lorde Snow, cada vez mais afastadas uma da outra por conta de um desinteresse mútuo e de preconceitos, e não por haver uma impossibilidade real de aproximação. É preciso materializar o que há de positivo (esqueçamos seu aspecto *snoob*) no Senhor Legrandin, que Marcel Proust nos apresenta em seu “Em Busca do Tempo Perdido”: engenheiro de profissão, mas tão competente nos versos e nas notas e pautas como muitos poetas e compositores. Não é utopia.

Criar uma cultura científica no Brasil e na América Latina em geral é uma urgência cada vez mais urgente, pois se não nos faltam cultura literária, cultura artística, cultura humanística, falta-nos uma cultura científica, e a cultura de um povo é a soma de suas culturas literária, artística, humanística e científica. Quanto à lacuna a ser preenchida na nossa bibliografia especializada, ela de fato existiu, e creio que seu preenchimento está sendo acompanhado por um esforço na integração de ciências e humanidades. Além do preenchimento de uma lacuna existente no nosso meio acadêmico, acredito poder dizer, com base no que conheço (pouco, é verdade) sobre livros dessa área no âmbito mundial, a apresentação que faço do assunto é possivelmente pouco comum também em âmbito mundial.

Antecipo-me a questionamentos que serão feitos ao autor. É claro que cada escrito espelha e reflete as vivências e posturas intelectuais de quem o escreveu. No entanto, é possível escrevermos sem querer impor ao leitor as nossas convicções filosóficas, éticas, estéticas, metodológicas e historiográficas, sem trairmos, em assim fazendo, nossos princípios. Assim, escrevi e escrevo esses textos sem abrir mão de minhas convicções, por exemplo, no que se refere à própria historiografia da ciência, aos conceitos de ciência, técnica, tecnologia, método, distinção entre ciência e fazer ciência e outras mais, mas para entender o que está sendo dito e tirar conclusões – concordando ou discordando – o leitor não é obrigado a abrir mão de suas próprias convicções. Acredito que em obras desse tipo é este o ideal a atingir – procurei atingi-lo – deixando claras as minhas opiniões sobre, por exemplo, alquimia, iatroquímica e quimiatria, a teoria do flogístico, a afinidade química, o calórico, revolução científica, teoria

atômica, modelos, surgimento da tecnologia e indústria química, sistema periódico, e tantos assuntos mais.

Ao contrário de muitas histórias da química modernas, dou bastante ênfase à química mais antiga, sem fazer o *housecleaning* de que fala Aaron Ihde. Não se trata de capricho, mas da crença de que tão importante quanto o conhecimento do “que deu certo” é o processo de criação científica e de descoberta científica, e nesse aspecto a química vigente ontem e hoje esquecida é particularmente útil. Acompanhar a evolução e entender teorias radicalmente diferentes e mesmo opostas das teorias aceitas hoje é um excelente recurso para entender a criação e descoberta científicas. Teorias aparentemente equivocadas ou inúteis frequentemente voltaram a merecer a atenção dos cientistas, e são um exercício de modéstia: as teorias em que acreditamos hoje podem não ser ‘a verdade’ amanhã, podem dar lugar a novas teorias, assim como ‘nossas’ teorias tiraram de cena outras teorias anteriores. Afinal, preservar o conhecimento – independentemente de estar ‘certo’ ou ‘errado’ em dado contexto – é função do historiador da ciência. O propósito é oferecer argumentos e realidades para poder opinar.

Já não mais se aceita, com razão, a ideia de que a ciência é feita por personagens heroicos. Não mais há espaço para hagiografias, e no entanto, não restam dúvidas de que a história da ciência registra homens e mulheres que em função de seus conhecimentos e ações, temperamento, dinamismo, capacidade de liderança, por vezes favorecidos pelo contexto histórico-geográfico-social, e sem desprezar certa dose de sorte, tiveram mais influência sobre contemporâneos e pósteros do que outros cientistas igualmente competentes e igualmente ativos. As biografias, tanto na história em geral como na história da ciência, servem também, segundo François Ledermann, como “modelos para estudos sociológicos”, na análise de origens sociais, estruturas familiares, dinastias, fenômenos migratórios, isto é, o pano de fundo diante do qual se desenrola o desenvolvimento da ciência, e que mostra porque o “fazer ciência” é diferente da “ciência”. Encontrará, pois, o leitor relatos biográficos dos personagens mais significativos na história da química. E de muitos que por conta de um certo culto às ‘celebridades’ desapareceram, como o disse Henri de Montherlant: “a glória dos grandes destrói a dos pequenos”.

Os quatro volumes da “História da Química” constituirão um todo, ou em outras palavras, eles interagem. Temáticas, técnicas, personagens, poderão ser recorrentes, motivo porque toda a obra é permeada de referências a cada um desses aspectos, já citados anteriormente ou a serem citados posteriormente, evitando por um lado a duplicação de uma explicação, e por outro lado, permitindo ao leitor um conhecimento mais detalhado do assunto.

A obra pretende ser também uma obra de consulta, e para tanto os volumes estão dotados de índices onomástico e alfabético de assuntos, muito detalhados, permitindo uma busca simples e rápida de nomes, fatos e datas por parte não só de outros químicos – professores ou pesquisadores – mas dos leitores não químicos – profissionais cuja atividade se cruza com alguma frequência com facetas da química, ou da ciência em geral – o jornalista, o historiador, para não falar do farmacêutico, do bioquímico, do médico, que estejam à procura de uma determinada informação inserida no contexto pertinente, e não informação solta.

Cabe enfim um comentário sobre esta terceira parte da história da química – A MODERNIDADE DA QUÍMICA. Considerando o grau de desenvolvimento em que se encontrava a química no último quartel do século XIX, bem como a torrente de novas descobertas empíricas, que acabaram também conduzindo a novas considerações teóricas, não mais é possível uma organização dos conteúdos em termos exclusivamente cronológicos. Diante do crescimento rápido de novas especializações ao lado das já existentes, Química Inorgânica e Química Orgânica – somam-se agora Química Analítica, Físico-Química, Bioquímica – e novos critérios entrarão em cena, levando a uma nova sistemática na distribuição dos conteúdos: não haverá um ordenamento cronológico de cada capítulo, muito menos do livro, mas cada seção, em cada um dos quatro capítulos, é apresentada cronologicamente.

E finalizando, cada livro, como filho do autor, tem sua história pessoal. “*Aunt libelli habent fata sua*”, dizia o poeta Terêncio no século II. Antes mesmo de interessar-me por ciência interessei-me pela história da ciência. Isto parece cultura de almanaque, mas não é assim. Para ficar com um tema atual, refletir sobre como astrônomos da antiga Grécia descobriram que a Terra é redonda levanta uma série de hipóteses, algumas delas já acessíveis a alunos de ensino

médio. Mas passar da curiosidade à reflexão e da reflexão ao papel já é um exercício mental mais complexo. Esse exercício mental foi despertado por um professor que tive no primeiro ano (as disciplinas eram anuais na época) do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 1964, um professor hoje caído em completo esquecimento, mas cuja memória quero aqui reverenciar. O professor Alfred Georg Wieck (1915-1964) ensinava-nos a Química Geral e Inorgânica; professor entusiasta, pautava suas aulas numa sequência cronológica dos fatos e dava excepcional ênfase à história da Química. Em provas e relatórios, pedia longas dissertações, o que me deixava muito à vontade. Certo dia, ao devolver em aula de laboratório uma dessas provas corrigidas, uma dissertação bastante extensa, disse-me ele: “Um dia ainda vais escrever livros”. E aqui estão os livros!

Florianópolis, janeiro de 2022.

REFERÊNCIAS:

- IHDE, A., “The Development of Modern Chemistry”, Dover Publications, Nova York, 1984
- LICHTENBERG, G. C., “Aforismos”, Fondo de Cultura Económica, México, 1992.
- LEDERMANN, F., *Anal. Real Acad. Farm.*, 2000, 66.
- READ, J., “Humour and Humanism in Chemistry”, Bell, Londres, 1947; Prefácio de “From Alchemy to Chemistry”, Dover, Nova York, 1995 (reedição).
- SARTON, G., “The History of Science and the New Humanism”, Transaction Books, New Brunswick e Oxford, 1988 (reedição)
- SNOW, C. P., “As Duas Culturas e uma Segunda Leitura”, EDUSP, São Paulo, 1995.



Prédio construído em 1925, para abrigar o antigo curso de Química Industrial, da Universidade Technica (Escola de Engenharia)

Um laboratório do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nas décadas de 1950 e 1960. Este pode ser o laboratório de Química Analítica ou de Química Orgânica. Cortesia do Museu da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (fotografia reproduzida com permissão).

Química moderna de hace un siglo

¿Cuándo empieza la química a ser moderna? ¿Cuándo algo moderno deja de serlo para convertirse en antiguo? Por moderno se entiende aquello que "pertenece a la época de quien habla o a una época reciente", o que es "contrapuesto a lo antiguo o a lo clásico y establecido" (Diccionario de la Lengua Española). La modernidad es un concepto muy escurridizo, pues muchas cosas que son modernas en un determinado momento dejan de serlo al cabo de los años. Nadie diría hoy que un automóvil modelo T de Ford es moderno, pero a principios del siglo XX era el paradigma de la modernidad. Algo parecido sucede con el hábito de fumar en público, especialmente por parte de las mujeres

Por otro lado, la modernidad se puede alcanzar, o recuperar, tras décadas o siglos de existencia. Por ejemplo, las esculturas de las islas Cícladas, consideradas en un tiempo arcaicas, pasaron a ser de palpitante modernidad miles de años después de su creación, cuando artistas como Picasso, Giacometti y Brancusi las tomaron como fuente de inspiración para la pintura a principios del siglo XX. A pesar de todo, la utilización de ese calificativo en historia nos permite poner el énfasis en el contraste que representó en su momento un movimiento artístico o un desarrollo científico con respecto a las tendencias que venían a reemplazar. En otras palabras, tiene sentido hablar de modernidad en pretérito, no a los ojos del lector, sino a los de los contemporáneos de los hechos historiados.

En el ámbito de la historia de la química se describe como "early modern chemistry" aquella que se desarrolla siguiendo el método científico y que suplanta progresivamente a la parte más empírica de la alquimia. Los químicos solemos decir que la química moderna empieza con la publicación del Tratado de química de Lavoisier en 1789. Pero la medicina ya se reclamaba moderna en el siglo XVII, de modo que el Corpus pharmaceutico-chymico-medicum de Johann Helfrich Jüngken (Frankfurt 1697) hacía mención en su largo título a las prácticas de la medicina moderna. Esa modernidad se infiltraba en la naciente química orientada a las aplicaciones médicas, como en el Thesaurus apollineo

galenico chimico quirurgico pharmaceutico de João Vigier (Lisboa, 1706), que su autor enmarca en los razonamientos de la "escola moderna", o en la Palestra pharmaceutica chymico-galenica de Félix Palacios (Barcelona, 1716), que habla de «preparaciones chymicas y galenicas y de las mas selectas composiciones antiguas y modernas». Pero también bajo la nueva apelación de química, diversos autores titularon obras calificadas como "modernas" entre 1792 y 1900, entre ellos Louis-Bernard Guyton de Morveau, Antoine-Françoise de Fourcroy, Antoine Baumé, Antoine Laurent Lavoisier, Adolphe Wurtz, Felice Marco, Lothar Meyer y William Ramsay.

El adjetivo "moderno" aplicado a la química desarrollada a caballo de los siglos XIX y XX es pertinente porque una gran parte de los conceptos y métodos desarrollados en esa época están vigentes hoy en día. Paradójicamente, para nosotros son al mismo tiempo clásicos porque están tan arraigados que no nos parecen novedosos, como la termodinámica y las leyes de equilibrio químico, la teoría de la disociación electrolítica, los conceptos de ácido y base, la estereoquímica y la quiralidad, la teoría cinética de los gases, la cinética química, la cromatografía, las reacciones de Diels-Alders, de Schiff, o de síntesis organometálicas con magnesianos, etc., temas todos ellos tratados concienzudamente en este volumen.

La época que cubren los volúmenes III y IV de esta *Història da Química* puede parecer un período de transición entre dos grandes destellos de esa ciencia. El primero, la publicación del sistema periódico de Mendeléiev en 1869, brilló durante décadas alimentado por los descubrimientos de nuevos elementos predichos por el gran químico ruso. El segundo, de carácter más complejo y con pequeños chispazos repartidos en el tiempo (1897-1927, aproximadamente) y en diversos puntos geográficos, lo generaron los descubrimientos relacionados con la estructura atómica. Pero entre esas dos cimas se extiende una meseta de gran altura, en la cual van evolucionando dos ramas tradicionales de la química, orgánica y analítica, al mismo tiempo que se va gestando una nueva disciplina, la química física, o se van añadiendo nuevos elementos al sistema periódico de Mendeléiev que se acaba consolidando con la introducción de los números atómicos por parte de Van der Broek y Moseley en 1913.

Generalmente, nos dice Maar en la presentación de este volumen, se considera que los fundadores de la Química-Física moderna fueron Mikhail Lomonossov, Jacobus H. van 't Hoff, Svante A. Arrhenius, Wilhelm Ostwald y Walther H. Nernst. El análisis del papel jugado por Van 't Hoff en el establecimiento de la estereoquímica como una rama de la ciencia química,¹ por ejemplo, permite ver algunos de los aspectos importantes para el descubrimiento de nuevas leyes químicas, que se pueden observar también en el sistema periódico de Mendeléiev, las electronegatividades de Pauling, el modelo VSEPR (Valence State Electron Pair Repulsion) de Gillespie y Nyholm, la clasificación de ácidos y bases duros y blandos de Ahrlund, Chatt y Davies, o las analogías isolobulares de Hoffmann.

Los caminos del descubrimiento constituyen un conjunto de principios heurísticos, o reglas intuitivas que guían la búsqueda de información y modifican las representaciones de un problema y la toma de decisiones. Son herramientas para guiar a la mente humana en la solución de problemas y en la organización del razonamiento mediante analogías, experimentos, hipótesis, modelos, patrones, árboles de decisión y procesos de ensayo y error.² Las tendencias comunes a los descubrimientos que se acaban de nombrar, algunas metodológicas, otras históricas, y otras relacionadas con la psicología del investigador podrían ser:

- 1) Un trabajo fundamentalmente teórico, basado total o mayoritariamente en datos experimentales disponibles en la bibliografía.

- 2) Una fuerte creencia en la existencia de una regla que estructura los datos experimentales analizados.

- 3) Un momento histórico en que se combinan la capacidad de realizar una formulación matemática con la existencia de un conjunto de datos experimentales suficientemente, pero no excesivamente grande de manera que la manipulación de los datos no se haga intratable

- 4) La teoría se focaliza sobre determinados aspectos, dejando de lado otros cuya manipulación y análisis resultan menos asequibles. En el caso Van 't Hoff, la hipótesis estructural se hizo a expensas de ignorar todos los aspectos dinámicos de las moléculas y considerarlas como estructuras rígidas.

5) Elaboración de una regla o modelo matemático que explique las tendencias observadas.

6) La comprobación de que todos (o la mayoría de) los datos experimentales conocidos se comportan de acuerdo con la regla propuesta

7) Todas las excepciones conocidas a la regla se pueden rebatir o agruparse en un pequeño conjunto pendiente de una posterior verificación. Por ejemplo, suponiendo que una verificación posterior más cuidadosa podrá mostrar que el dato "erróneo" es debido a un error experimental. En el peor de los casos se aplica el aforismo de que "la excepción confirma la regla", y se confía en que un futuro refinamiento de la teoría ofrezca una explicación para esas excepciones, poniéndolas en cuarentena.

8) Basándose en la nueva regla se pueden hacer predicciones suficientemente atractivas como para animar a otros investigadores a diseñar y realizar nuevos experimentos.

9) La verificación experimental de predicciones, por parte de autores diferentes de quien propuso las reglas, otorga credibilidad al modelo teórico y ayuda a convencer a los escépticos.

10) La teoría sobrevive a pesar de la presencia de algún error, tal como la inexistencia de una columna para los gases nobles o el uso erróneo del peso atómico como variable representativa de un elemento en el sistema periódico de Mendeléiev, por mencionar sólo dos ejemplos.

11) La teoría debe ser robusta y flexible al mismo tiempo, para que se pueda adaptar a nuevos descubrimientos mediante pequeñas modificaciones sin perder su esencia.

En relación con los puntos 4, 6 y 7, cabe destacar que Gigerenzer observó que a veces es incluso más útil ignorar parte de la información antes que pretender una teoría que explique todos los datos.³ Tomando como ejemplo el sistema periódico se puede ver que el intento inicial de Dalton de ordenarlos por pesos atómicos (1808) y el de Ampère de hacerlo por propiedades químicas confluyeron en clasificaciones que tenían en cuenta ambos criterios, como las tríadas de Döbereiner, las octavas de Newlands y otras propuestas de Meyer, Dumas, Hinrichs, Odling y Mendeléiev, que cristalizaron en 1869 en el sistema periódico de los elementos. Ese sistema resistió muchos descubrimientos

imprevistos, como el descubrimiento de los gases nobles, unos cuantos lantánidos y actínidos. Sobrevivió, e incluso se afianzó, tras un cambio del criterio organizativo, basado en números y no en pesos atómicos.

Medio ocultos entre las bambalinas del teatro de la química moderna que aquí se describe, se va tejiendo una red de descubrimientos que acabará impulsando un prodigioso desarrollo de nuestra capacidad de observar la materia a nivel molecular e incluso atómico. Obsérvese, por ejemplo, la curiosa coincidencia de que el primer premio Nobel de Química a Van 't Hoff se diera al mismo tiempo que el de Física a Conrad Röntgen. La Academia Sueca unía así a dos científicos que sentaron las bases de la estereoquímica, aunque esa coincidencia fue absolutamente casual, ya que a Van 't Hoff se le reconocía el "descubrimiento de las leyes de la dinámica química y de la presión osmótica en soluciones", faceta ampliamente tratada en el capítulo no su trabajo en estereoquímica, mientras que el codescubridor Le Bel no recibió el reconocimiento de ese galardón. Por otro lado, poco podían sospechar los miembros del primer jurado Nobel que los rayos X descubiertos por Röntgen acabarían abriendo la mejor mirilla al mundo interior de las moléculas, la determinación de estructuras moleculares y cristalinas.

Los experimentos de difracción de los rayos X de Röntgen proporcionaron unos años más tarde (1914) la evidencia más directa de la disposición tetraédrica de los átomos unidos a un carbono, pero no en una molécula orgánica, sino en la estructura del diamante resuelta por William Henry Bragg y William Lawrence Bragg, padre e hijo.⁴ Linus Pauling se sorprendía de que en los 40 años posteriores a la publicación de Van 't Hoff y Le Bel nadie hubiera propuesto para el diamante una estructura basada en el tetraedro y de que el descubrimiento de su estructura por los Bragg no fuera celebrado por la comunidad química como una confirmación triunfal de la hipótesis tetraédrica. A decir verdad, tampoco los Bragg establecieron dicha relación, como si el diamante y las moléculas orgánicas pertenecieran a galaxias diferentes, en un ejemplo de lo que Roald Hoffmann llama disciplinary blindness.

Otro eslabón importante en la red de descubrimientos de la época analizada en este volumen establece una conexión, comúnmente ignorada,

entre un modelo puramente geométrico como la teoría del carbono tetraédrico y el lenguaje de la mecánica cuántica. Se trata de la demostración por Linus Pauling en 1931 de que la combinación de orbitales atómicos s y p de la capa de valencia produce cuatro orbitales híbridos dirigidos precisamente a los vértices de un tetraedro.

En la línea de establecer conexiones y delinear contextos, me parece apropiado traer a colación un puente, el que comunica nuestro conocimiento de la estructura de las minúsculas partículas que son los átomos con la composición de los astros gigantescos. Ese puente no es más que el modesto espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff. El análisis de las líneas de los espectros de emisión observados con ese instrumento en el siglo XIX permitió el descubrimiento de nuevos elementos, de los que da cumplida cuenta el volumen 2 de esta *História da Química*. Las reglas que rigen las posiciones de esas rayas espectrales en el caso del hidrógeno, propuestas por Johann Balmer y Johannes Rydberg en 1885-1888, junto con el descubrimiento de la cuantización de la luz por parte de Max Planck una década después, proporcionaron la información imprescindible para que Niels Bohr pudiera deducir su revolucionario modelo atómico.

Más tarde, basándose también en un minucioso análisis de la información contenida en los espectros de millares de estrellas acumulados en el Observatorio de Harvard, Cecilia Payne-Gaposchkin, "coleccionó y clasificó la flora celestial"⁵ y llegó a la conclusión de que las estrellas están formadas por una abrumadora mayoría de átomos de hidrógeno, nadando contra la corriente generalmente admitida entonces de que el universo tenía una composición similar a la de la tierra. ¡Qué paradoja cosmológica! La comprensión de los mundos de lo minúsculo y de lo inimaginablemente grande facilitada para la ciencia moderna por los pequeños pasos dados por Bunsen al diseñar del modesto mechero que lleva su nombre e inventar el espectroscopio.

El destacable interés de Maar por enmarcar la historia de la química en el contexto cultural, político y sociológico de la época, así como su inclusión de notas biográficas de científicos muchas veces ignorados o tenidos por menores. Siguiendo su ejemplo, me gustaría anotar aquí la curiosa coincidencia de que el mismo año en que Van 't Hoff y Le Bel daban el disparo de salida de la

revolución estereoquímica, Renoir y sus colegas abrían una nueva era del Arte con la primera exposición impresionista. También merece mencionarse el paralelismo entre la incorporación de una simbología de flechas en química con su masiva presencia en la obra de artistas como Paul Klee.⁶ Parece claro que las influencias mutuas entre química y cultura merecen estudiarse más a fondo, tarea para la cual no me cabe duda de que los volúmenes de la Historia da Química de Juergen Maar resultarán un punto de inflexión y una referencia ineludible.

Bibliografía

1. Alvarez, S., Els àtoms en l'espai. Escrits sobre estereoquímica de Van 't Hoff i Le Bel. Societat Catalana de Química: Barcelona, 2007.
2. Graulich, N.; Hopf, H.; Schreiner, P. R., Heuristic thinking makes a chemist smart. Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 1503.
3. Gigerenzer, G.; Todd, P. M., Simple Heuristics that Make us Smart. Oxford University Press: Oxford, 1999.
4. Bragg, W. H.; Bragg, W. L., The Structure of the Diamond. Proc. Royal Soc. London A 1913, 89, 277.
5. Moore, D., What Stars are Made Of. The Life of Cecilia Payne-Gaposchkin. Harvard University Press: Cambridge, MA, 2020.
6. Alvarez, S., De mujeres, hombres y moléculas. Notas de historia, arte y literatura de la química. Edicions de la Universitat de Barcelona: Barcelona, 2020.

Santiago Alvarez
Catedrático emérito de Química Inorgànica
Universidad de Barcelona