

## D. I. MENDELEEV: LEMBRANZA EN TRES ACTOS.

RAMÓN CID.

I.E.S de SAR. SANTIAGO

*“Teño conseguido a liberdade interior. Non hai nada no mundo que tema dicir. Nada e ninguén pode facerme calar. ... Quero que vos teñades tamén este sentimento. É a miña responsabilidade axudarvos para que logredes esta liberdade interior. Son unha persoa evolucionista e pacífica.”*

Mendeleev,  
o 3 de abril de 1890, na súa derradeira clase.

### INTRODUCCIÓN.

Na celebración do centenario da morte de Mendeleev, pareceunos apropiado achegármonos ao personaxe desde unha perspectiva diferente ao que sería unha descrición biográfica máis ou menos tradicional. Tentaremos unha aproximación desde tres ángulos diferentes, pero que abranguen tanto a dimensión científica como humana do científico ruso. Mendeleev, percorre connosco tres escenarios distintos pero que representan de xeito significativo importantes momentos relacionados coa vida e obra dun home de ciencia desa envergadura.

Un congreso que cambiou o destino da Química para sempre; a débeda contraída con el pola comunidade científica por non ter sido galardoado co Premio Nobel de Química; e a súa entrada de pleno dereito na “súa” Táboa Periódica dos elementos químicos, ocupando o lugar 101. Estes son os tres escenarios.

Naturalmente, e máis aló dunha mera lembranza do químico ruso, preténdese aportar datos de interese sobre os tres tópicos antes sinalados, e así axudar ao lector ou lectora interesados a coñecer mellor esoutros aspectos da Ciencia.

## ACTO I: O CONGRESO DE KARLSRUHE.

O Congreso de Química celebrado en 1860 en Karlsruhe (Alemaña) foi determinante para que Mendeleev, cando volve a San Petersburgo o ano seguinte, se dedique de forma definitiva á búsqueda dunha clasificación para os elementos químicos<sup>1</sup>.

É certo que na Química como ciencia, sobre todo no campo da nomenclatura, hai un antes e un despois<sup>2</sup> con figuras como Bergmann, Guyton de Morveau, Lavoisier e Berzelius. Pero, hai acordo xeral en admitir que este Congreso tivo unha significación absolutamente definitiva no paso á madurez da Química como ciencia, e tal é así que para tódolos historiadores no campo da Ciencia é simplemente coñecido como “O Congreso de Karlsruhe”, sen necesidade de precisar máis datos sobre el.

A mediados do século XIX había unha gran confusión entre peso atómico, peso molecular e peso equivalente, e cada autor utilizaba o peso que mellor se axustaba as súas interpretacións.<sup>3</sup>

Moitos dos conceptos químicos como as ideas de valencia e estrutura en Química estaban mal definidas, sendo neste sentido son moi significativas as palabras de Kekulé:

*“A parte das leis de proporcións fixas, e múltiples en peso, e tamén en volume nos corpos gasosos, a Química aínda non tiña descuberto leis exactas... e todas as chamadas concepcións teóricas eran meros puntos de vista probables ou convenientes.”<sup>4</sup>*

Son tamén moi gráficas as reflexións de Xosé Rodríguez Carracido (1856-1928), químico galego e pioneiro da Bioquímica en España, cando escribe sobre esa época no capítulo “Problema sen solución” do seu libro “La Evolución en la Química”<sup>5</sup>:

*“Aceptada la hipótesis de Dalton... resulta llano y sencillo determinar en cada caso el número de los supuestos átomos que constituyen un compuesto, y también sus pesos respectivos; pero a poco que sobre este asunto se medite tórnase en dificultad insuperable la sencillez del primer momento, porque el problema es indeterminado. ¿Cómo saber en el caso de las proporciones múltiples cual de los elementos es el que permanece constante en su peso a través de las sucesivas combinaciones? ...Todos los sistemas de números proporcionales químicos, desde los equivalentes hasta los actuales pesos atómicos, son producto complejo y a veces híbrido, de las investigaciones analíticas y de la acomodación de sus resultados a las diferentes leyes que rigen el proceso químico... Basta lo expuesto para patentizar cuan movediza es*

<sup>1</sup> BROCK, W.H. (1998). “Historia de la Química”. ALIANZA EDITORIAL (CIENCIA Y TECNOLOGÍA). MADRID p.275.

<sup>2</sup> BERMEJO, M.R., GONZALEZ-NOYA, A.M. E VAZQUEZ M. (2006). “O nome e o símbolo dos elementos químicos”. XUNTA DE GALICIA (Centro Ramón Piñeiro para a Investigación en Humanidades) Santiago, p.11.

<sup>3</sup> IZQUIERDO M.C., PERAL F., et al (2003) “Evolución histórica de los principios químicos”:UNED. Madrid, p 139.

<sup>4</sup> MASON S.F. (1986). “Historia de las Ciencias”. Tomo 4. ALIANZA EDITORIAL. MADRID, p. 94.

<sup>5</sup> RODRIGUEZ CARRACIDO, X. (1894), “La Evolución en la Química”. LIBRERÍA DE LA VIUDA DE HERNANDO. MADRID, pp.33-37.

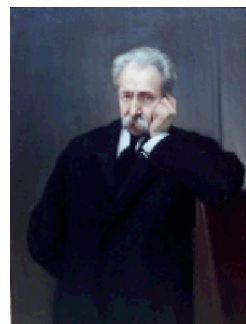
*la base de los números proporcionales químicos resultantes del análisis cuantitativo de las combinaciones, y la imposibilidad, por consiguiente, de realizar por este exclusivo medio la aspiración de Dalton acerca del conocimiento de la estructura íntima de los cuerpos.”*

Así, para algúns  $H_2O_2$  era a fórmula da auga e para outros a do peróxido de hidróxeno, ou  $C_2H_4$  era a do eteno mentres para outros era a do metano. A penas había unha molécula que estivese representada dun xeito uniforme en todas partes. Utilizábase unha variedade desconcertante de abreviaturas e símbolos e mesmo era frecuente que cada un inventase as súas<sup>6</sup>.

Estas dificultades para conseguir fórmulas definitivas para os compostos químicos, tiña orixinado que moitos científicos se decantaran polo estudo dos gases para substituír as relacións dos pesos polas de volumes. Non obstante, outros, como o propio Dalton ou Berthelot, non estaban nin moito menos de acordo. Co paso dos anos as desavinzas e desacordos crecían. Probablemente, non ten habido época na historia da Química na que as animosidades persoais acadaran tal alto grao<sup>7</sup>, chegando mesmo ao acoso persoal dos defensores das doutrinas contrarias, como foi o caso da persecución contra dos químicos franceses Auguste Laurent<sup>8</sup> e Charles Frédéric Gerhardt.

Facíase pois insoportable o grao de disputa e confusión<sup>9</sup> e finalmente Kekulé, Wurtz<sup>10</sup>, e Karl Weltzien<sup>11</sup> convocaron unha reunión na cidade de Karlsruhe<sup>12</sup> -no suroeste de Alemaña- os días 3, 4 e 5 de Setembro de 1860. As cuestións fundamentais presentadas para debater no Congreso foron<sup>13</sup>:

- a) Definición de nocións químicas importantes como aquelas que son expresadas polas palabras: átomo, molécula, equivalente, peso atómico e básico.



X. R. Carracido

<sup>6</sup> BRYSON B. (2003). “Una breve historia de casi todo”. RBA LIBROS. Barcelona. pp 122-123.

<sup>7</sup> HARTLEY H. (1966) “**Stanislao Cannizzaro, F.R.S. (1826-1910) and the First International Chemical Conference at Karlsruhe in 1860**” Notes and Records of the Royal Society of London, Vol. 21, No.1, p. 56.

<sup>8</sup> Augusto Laurent (1807-1853) e Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856) clarificaron as distincións entre pesos atómico, molecular e equivalente, e desenvolveron un sistema de clasificación dos compostos orgánicos.

<sup>9</sup> Como exemplo da confusión existente o propio Kekulé presentou no Congreso de Karlsruhe un documento no que se recollían dezanove formas diferentes usadas polos químicos para falar do ácido acético.

<sup>10</sup> Adolphe Wurtz (1817 - 1884) químico francés. Nas súas investigacións químicas especializouse nas reaccións de hidrocarburos, dando lugar á reacción que leva o seu nome: Reacción de Wurtz.

<sup>11</sup> Karl Weltzien (1813 - 1870), menos coñecido que Kekule ou Wurtz, foi un químico alemán que ensinou na Facultade de Química de Karlsruhe de 1848 a 1869. O sucesor de Weltzien como profesor de Química foi precisamente outro dos facedores da Lei Periódica dos Elementos, Lothar Meyer.

<sup>12</sup> A elección desta cidade debeuse a que nela celebrábase con gran éxito, dous anos antes, o Congreso de Científicos Naturais e Médicos de Alemaña.

<sup>13</sup> ARAGON DE LA CRUZ, F. (2004). “Historia de la Química”. Editorial Síntesis S.A. MADRID, p.147.

- b) Exame da cuestión sobre equivalentes e fórmulas químicas
- c) Establecer unha notación e unha nomenclatura axeitadas.

*“Este congreso non pode deliberar en nome de todos, nin pode tomar resolucións que deban aceptarse sen máis, pero por medio dunha discusión libre e polo miúdo, algúns malentendidos poden eliminarse e chegar a un común acordo sobre algúns dos seguintes puntos: a definición de nocións químicas importantes como as expresadas polas palabras átomo, molécula...”.*

Carta de invitación ao congreso de Karlsruhe de 1860.<sup>14</sup>

En xeral admítese que o “pai” da idea do congreso foi Kekulé, porén sen a axuda de Adolphe Wurtz e Carl Weltzien este congreso non tería sido máis que outro dos “soños de Kekulé”<sup>15</sup>.

Consideraremos máis adiante os aspectos máis importantes deste congreso, o que nos permitirá aproximarnos ao ambiente reinante neses tres días e sobre todo o estado do coñecemento en Química nese tempo. Estes datos son ademais fundamentais para comprender a fonda pegada que esta reunión deixou en Mendeleev e a ardua tarefa á que se ía enfrontar.

#### **.- Algúns datos sobre a Química naquel tempo e as controversias fundamentais.**

Como é coñecido, ata practicamente os comezos dos anos trinta do S.XIX admitíase por moitos químicos que a síntese dos compostos orgánicos requiría dunha “forza vital” ou fis vitalis. Esta teoría desaparecería cando en 1828 por Friedrich Wöhler (1800-1882) obtivo urea a partir dun composto inorgánico (o cianato de amonio)<sup>16</sup>.

As análises cuantitativas realizados por Berzelius e Thenard nas primeiras décadas do S. XIX, permitiron determinar as primeiras fórmulas deste tipo de compostos. Berzelius cría que as substancias orgánicas non obedecían as leis estequiométricas<sup>17</sup>. Non é estraño se pensamos que Berzelius rexeitaba o concepto de molécula, sendo precisamente o Congreso de Karlsruhe o punto de partida para o recoñecemento xeneralizado da existencia das moléculas.



Berzelius

Berzelius propoñía que os compostos químicos se formaban por unións electrostáticas dos chamados radicais, sendo estes grupos estables que podían existir en estado libre. Pero xa en 1823, Gay Lussac observara que nalgunhas substancias, o hidróxeno podía ser substituído por

<sup>14</sup> ACCOUNT OF THE SESSIONS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF CHEMISTS IN KARLSRUHE. Tomado de SELECTED CLASSIC PAPERS (<http://web.lemoyne.edu/~GIUNTA/papers.html> ; acceso o 07-09-07).

<sup>15</sup> DE MILT CLARA (1951) “The Congress at Karlsruhe”. J. Chem. Educ., 28, p.421.

<sup>16</sup> Xa con anterioridade o propio Friedrich Wöhler e Michel Eugéne Chevreul (1786-1889) expresaran a idea de que os compostos orgánicos se comportaban de forma similar aos inorgánicos. Determinaron que as graxas eran o produto da reacción dun ácido orgánico coa glicerina, sendo esta reacción similar ás reaccións de neutralización inorgánicas, e que os xabóns eran os sales dos ácidos orgánicos.

<sup>17</sup> En realidade isto debíase a imprecisión dos métodos empregados, pero xa en 1830, Liebig introducindo melloras nos métodos de análise, puido demostrar que as substancias orgánicas comportábanse tamén de acordo coa estequiometría.

cloro<sup>18</sup>. Entre 1833 e 1834, Dumas tamén demostrou que mesmo o osíxeno podía ser substituído por cloro. O seu discípulo Laurent foi quen de clorar, bromar e nitrar compostos aromáticos por medio de reaccións de substitución. Laurent insistiu repetidamente na idea de que os hidrocarburos eran radicais fundamentais dos que se podían obter radicais derivados mediante reaccións de substitución. Os traballos de Dumas, Laurent<sup>19</sup> e tamén Gerhardt abriron o paso á teoría unitaria da substitución.

Estes traballos invalidaban a teoría dos radicais, sobre todo a idea da existencia de grupos inmutables nos compostos orgánicos e provocou que tanto Liebig como Berzelius atacaran duramente os traballos de ambos. De Dumas foi dito que mesmo roubaba os resultados doutras persoas e Laurent foi acusado de descoñecer os principios básicos da investigación científica. Como consecuencia destes ataques Dumas abandonou<sup>20</sup> a teoría da substitución e Laurent tivo que abandonar París.

Non obstante, o concepto de radical tiña aspectos moi positivos polo que Laurent, e sobre todo Charles Frédéric Gerhardt, que colaboraba con Laurent e o sustentaba economicamente, abandonaron a teoría da substitución na súa forma extrema e combinaron ambas representacións. En 1839, Gerhardt propón unha nova teoría das reaccións orgánicas chamada Teoría dos Residuos, que esencialmente expresaba que as reaccións orgánicas procedían por dobre descomposición. Publica un conxunto de artigos, onde presenta o concepto de serie homóloga baseándose para iso nos pesos moleculares das substancias. De acordo coas súas ideas, nas series homólogas as propiedades das substancias eran similares e escribiu: “É soamente necesario coñecer as reaccións de calquera deles (na serie) para predicir as dos restantes.” As ideas de Gerhardt tropezaban cos problemas dos entre pesos moleculares debido as confusións entre peso equivalente e molecular. En 1846, Laurent presenta un importante traballo no que se distinguen ambos conceptos e nel establece que se o peso equivalente dunha substancia era variable, os pesos moleculares no podían ser obtidos por vía química, senón que debían determinarse con axuda de propiedades físicas. Aplicando estas ideas Laurent demostrou que os gases elementais como o nitróxeno ou o osíxeno, estaban constituídos por moléculas diatómicas.



Charles F. Gerhardt

Outro paso importante dado nesa época foi a teoría da capacidade de saturación dos elementos (valencia), proposta por Frankland<sup>21</sup>. Nun principio o concepto de valencia empregouse para esclarecer a estrutura das substancias inorgánicas e só foi utilizado para explicar compostos sinxelos de carbono, como o metano ou o dióxido de carbono. En 1858, Kekulé postulou a idea de que nas moléculas orgánicas os átomos de carbono podían enlazarse entre sí mediante a

<sup>18</sup>Segundo os principios da teoría dualista de Berzelius, isto era imposible, xa que o cloro era electropositivo e o hidróxeno electronegativo, e dous elementos de natureza diferente non podían seren substituídos nunha molécula.

<sup>19</sup>Inventa unha nomenclatura sistemática para a química orgánica baseada no reagrupamento dos átomos en moléculas e determina como as moléculas se combinan nas reaccións químicas.

<sup>20</sup>Pouco despois Dumas publicaría a chamada “Teoría dos tipos”, que difería moi pouco da teoría de Laurent.

<sup>21</sup>Frankland (1825-1899), expresa en 1852 a idea de valencia indicando que os átomos de cada substancia elemental teñen unha capacidade de saturación determinada, de maneira que so se poden combinar cun certo número limitado dos átomos doutros elementos. O nome valencia provén do latín: valentia = poder, valor.

saturación dunha valencia por átomo. Así, nun composto con dous átomos de carbono, dúas valencias usábanse para a saturación entre os átomos de carbono e as seis restantes saturábanse con hidróxeno, u outros átomos como o osíxeno ou o nitróxeno. Esta teoría permitiu explicar a existencia das series homólogas.

Ao través do concepto de tetravalencia do carbono e a saturación entre os átomos de carbono presentes no composto comezaron a escribir as primeiras fórmulas. Xunto con Kekulé hai que mencionar ao químico ruso Alexander Butlerov (1828 - 1886), quen no seu libro Tratado de Química expón as súas ideas sobre a estrutura dos compostos orgánicos indicando que os enlaces entre os átomos, ademais da composición, determina as propiedades físicas e químicas da substancia<sup>22</sup>. A partir da teoría estrutural quedou establecida a claramente a relación entre as propiedades e a estrutura do composto.

A partir da Teoría da Estrutura<sup>23</sup> o desenvolvemento da química orgánica foi imparabile na segunda metade do S.XIX. Podemos citar como exemplo a elucidación da estrutura dos compostos aromáticos por Kekulé, o descubrimento dos dobres e tripos enlaces por Erlenmeyer, a introdución do concepto de tautomería, a isomería óptica, a estereoquímica, e a síntese de centos de compostos (o acetileno a partir dos seus elementos, o ácido salicílico, o primeiro azucre, o ácido acetilsalicílico, a preparación de alcois secundarios e terciarios, a síntese de colorantes e a obtención de nitrocompostos, etc).

#### **.- Karlsruhe, Setembro de 1860<sup>24</sup>.**

Atendendo a invitación<sup>25</sup> formulada desde Karlsruhe asistiron 127 químicos<sup>26</sup> de 12 países. Cremos que é interesante facer mención dos seus nomes, pois aínda que faltan algúns, entre eles atoparemos aos mellores químicos daquela época. Por outra parte, esta relación tamén nos permite decatarnos da presenza da Química como ciencia en cada país. Son citados tendo en conta os países onde traballaban nese momento:

*ALEMAÑA: Babo, Baeyer, Becker, Beilstein, Bibra, Boeckmann, Braun, Bunsen, Carius, Erdmann, Erlenmeyer, Fehling, Finck, Finckh, Frankland, Fresenius, Geiger, Gorup-Besanez, Grimm, Guckelberger, Gundelach, Hallwachs, Heeren, Heintz, Hirzel, Hoffmann, Kassermann, Keller, Klemm, Knop, Kopp, Kuhn, Landolt, Lehmann, Ludwig, Mendius, Meyer, Mühlhäuser, Muller, Naumann, Nessler, Neubauer, Petersen, Quinke, Scherer, Schiel, Schmidt, Schneyder, Schroeder, Schwarzenbach, Seubert, Strecker, Streng, Weltzien, Will, Winkler, Zwenger,*

*AUSTRIA: Folwarezny, Hlasiwetz, Lang, Lieben, Pebal, Wertheim, Schneider.*

<sup>22</sup>BABOR J., IBARZ J (1979). "Química General Moderna". Editorial Marín. BARCELONA, p. 200.

<sup>23</sup>A teoría estrutural de Kekulé, completada polo químico ruso Butlerov, a quen debemos o término estrutura, propón unha soa fórmula estrutural para cada sustancia, establecendo así claramente a relación entre as propiedades e a estrutura del compuesto.

<sup>24</sup>ACCOUNT OF THE SESSIONS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF CHEMISTS ..., op.cit.

<sup>25</sup>A carta invitación foi firmada por 45 químicos de varios países, entre os que estaban, ademais de Kekulé, Weltzien e Wurtz, Cannizzaro, Dumas, Fehling, Frankland, Hofmann, Liebig, Regnault e Whöler. Tomado de DE MILT CLARA (1951) Op. Cit., p.421.

<sup>26</sup>Algúns autores falan de 126, como se recolle en ROMÁN POLO P. (2002), "El racó de la història: Del caos a l'ordre químic: Mendeleiev". Revista de la Societat Catalana de Química, 3, p. 44.

*BÉLXICA: Donny, Kekulé e Stas*<sup>27</sup>.

*ESPAÑA: Ramón Torres de Luna*<sup>28</sup>.

*FRANCIA: Béchamp, Boussingault, Dumas, Gautier, Grandeau, Jacquemin, Kestner, Le Canu, Nicklès, Oppermann, Persoz, Reichauer, Riche, Scheurer-Kestner, Schlagdenhaussen, Schneider, Schützenberger, Thénard, Verdét, Wurtz,*

*REINO UNIDO: Abel, Anderson, Apjohn, Crum Brown, Daubeny, Duppa, Foster, Gladstone, Griffeth, Guthrie, Müller, Noad, Normandy, Odling, Roscoë, Schickendantz, Wanklyn,*

*ITALIA: Cannizzaro e Pavesi.*

*MEXICO: Posselt.*

*PORTUGAL: J. Augusto Simões-Carvalho.*

*RUSIA; Sawitsch, Borodin, Mendeleev, Schischkoff, Zinin, Lesinski, Natanson.*

*SUECIA: Gilbert, Berlin, Blomstrand, Bahr.*

*SUÍZA: Brunner, Schiff, Marignac, Bischoff, Planta, Wislicenus.*

Por nacionalidades dos asistentes temos: Alemaña (57), Francia (21), Gran Bretaña (17), Austria (7), Rusia (7), Suiza (6), Suecia (3), Bélxica (3), Italia (2), España (1), Portugal (1) e México (1).

Entre os ausentes destacados, por diferentes razóns, están: Liebig, Wöhler, Hoffmann ou Pasteur; e entre os químicos mozos que, ademais de Mendeleev, serían “estrelas” nas décadas posteriores temos a: Baeyer, Erlenmeyer, Friedel, Schiff ou Lothar Meyer.

Brevemente facemos referencia, por razóns obvias, do representante español e portugués.

Ramón Torres Muñoz de Luna (1822-1890), catedrático da Universidade Central de Madrid, foi discípulo<sup>29</sup> de Liebig (traducindo cinco das súas obras) e de Wurtz. É un dos máis destacados químicos españoles do século XIX, con 22 obras orixinais<sup>30</sup> publicadas, entre as que cabe destacar “Lecciones elementales de Química General”<sup>31</sup> e unha breve biografía de Liebig. Ademais, a el débese as especialidades farmacéuticas “Bicarbonato sódico Torres

<sup>27</sup>Precisamente Jean Servais Stas (químico belga) medira en 1850 o peso atómico do osíxeno fixándoo en 16, sendo tomado como unidade de medida no Congreso de Karlsruhe, substituindo ao do hidróxeno. As razóns deste cambio hai que buscalas no poder combinatorio do osíxeno e a súa abundancia.

<sup>28</sup>Cabería quizáis preguntarse as razóns de que Antonio Casares, outro químico ilustre desta época, catedrático de Química en Compostela e gran coñecedor da obra de moitos dos asistentes a Karlsruhe, non estivese invitado. Non é cuestión fundamental para este traballo que nos ocupa, pero as causas probablemente estean relacionadas coa pouca consideración que naquel tempo tiñan as “facultades de provincias”, que as invitacións deberon responder a cuestións de amizade, e tamén a que moitos dos asistentes estaban en Alemaña ou en países moi preto a ela e/ou con fortes lazos académicos naquela época.

<sup>29</sup>VERNET GINÉS J., (1998). “Historia de la ciencia española”. ALTA FULLA. Barcelona, p.245.

<sup>30</sup>PORTELA, E. e SOLER A., (1992), “La química española del S. XIX”, Historia de La Ciencia y de la Técnica. Akal. MADRID, p 53.

<sup>31</sup>TORRES MUÑOZ DE LUNA, RAMÓN (1864) “Lecciones elementales de química general, para uso de los alumnos de medicina, ciencias, farmacia, ingenieros industriales, de minas, etc.”. 2ª ed. aum. Madrid, Imp. A. Peñuelas, 1864

Muñoz, comprimidos” e “Bicarbonato sódico Torres Muñoz, pó”. Non obstante a súa presenza en Karlsruhe, Torres mantívose ancorado no equivalentismo máis radical ata 1872, cando José Ramón Luanco (ver máis adiante) explícalle as bases do atomismo. En calquera caso, Torres non abandonaría esas ideas nunca, mesmo nas súas obras máis tardías.<sup>32</sup>

Por outra parte, J. Augusto Simões-Carvalho (1822-1902), foi profesor de Química na Universidade de Coimbra sendo autor do libro “Lições de Philosophia Chimica”<sup>33</sup>. Pódese considerar como o introdutor en Portugal de tódalas ideas transcendentales no campo da Química da primeira metade do século XIX<sup>34</sup>.

### **.- O desenvolvemento do congreso<sup>35</sup>.**

Como xa foi indicado antes, imos facer un breve relato de como se desenvolveu o Congreso a fin de coñecer os tópicos tratados e así comprender a influencia que exerceu na obra posterior de Mendeleev.

Actuou como Presidente do Congreso Karl Weltzien<sup>36</sup> e como secretarios Wurtz, Strecker, Kekulé, Odling, Roscoe e Schischkoff. Por suxestión de Kekulé decídese que unha comisión deseñe a lista de cuestións que serán posteriormente debatidas polo plenario, e Erdmann salienta a necesidade de evitar discusións de carácter doutrinal e entrar nos problemas directamente.

Convense en comezar coas nocións de molécula e átomo, ofrecéndoselle a palabra a Kekulé e a un “mozo” Cannizzaro (34 anos de idade) para comezar o debate dado os estudos que ámbolos dous tiñan realizado nese campo. As discusións céntranse na necesidade de distinguir entre molécula e átomo, falando Kekulé da distinción entre molécula física e molécula química. Cannizzaro non comprende a noción de molécula química, pois para el hai soamente moléculas físicas, sendo a lei Ampere-Avogadro<sup>37</sup> a base para as consideracións referente á molécula química. Pola contra, Kekulé pensa que son os feitos químicos os que deben servir como base para a definición e a determinación de molécula (química) e que as consideracións físicas so deben ser invocadas en termos de medidas. O que estaba en discusión, en realidade, era a existencia real e concreta dos átomos e as moléculas<sup>38</sup>.

<sup>32</sup>PELLON I (1999). “Los químicos españoles ante la teoría atómica química (1803-1890)”. *Anales de la RSEQ (Segunda época)*, 95 (4), p.56.

<sup>33</sup>“Lições de Philosophia Chimica”, Imprensa da Universidade, Coimbra, 1ª edición, 1851; 2ª edición, 1859.

<sup>34</sup>AMORIM-COSTA, A. M. (2005). “The Atomic Theory in Simões-Carvalho’s “Lessons of Chemical Philosophy” (University of Coimbra, 1851, 1859)”. 5<sup>th</sup> International Conference on the History of Chemistry on the topic “Chemistry, Technology and Society” Estoril & Lisboa 6 – 10 September 2005.

<sup>35</sup>ACCOUNT OF THE SESSIONS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF CHEMISTS ..., Op.Cit.

<sup>36</sup>Inicialmente, foi Bunsen o requerido por Weltzen para presidir o Congreso, pero el declinou tal petición en favor de Weltzien, quen foi aceptado para tal posto por aclamación.

<sup>37</sup>Esta lei é a que coñecemos habitualmente como a Hipótese de Avogadro: “Volumes iguais de dous gases calesquera, en condicións idénticas de temperatura e presión, conteñen o mesmo número de moléculas.” Hai unha discusión moi interesante sobre a existencia das dúas teorías, case que simultáneas, de Avogadro e Ampere en IZQUIERDO M.C., PERAL F., et al (2003) op. cit., pp 40-43.

<sup>38</sup>Téñase presente que se tardarían cincuenta anos aínda para que de maneira inequívoca quedase demostrada a existencia dos átomos cos traballos de Einstein e Perrin.

Hai moitas intervencións que reflicten a dificultade en conciliar os resultados químicos cos físicos e que poñen de manifesto que non é doado admitir a existencia de elementos diatómicos. Mesmo se discute a presenza de átomos de substancias simples e átomos de substancias compostas<sup>39</sup>.

Nos debates posteriores, tanto nos plenarios como e en comisión, continuouse con estas discusións ampliándose o debate a outros tópicos como: o concepto de equivalente, á cuestións da notación e formulación química, e a necesidade de cambiar certos pesos atómicos á luz de novas evidencias experimentais.

Aínda que o Congreso non rematou con acordos definitivos en moitas das cuestións debatidas, si que deu lugar a importantes consecuencias a curto prazo. Así podemos sinalar:

- adopción de novos pesos atómicos (agora dicimos masas atómicas) para elementos como o hidróxeno (1), carbono (12), osíxeno (16), etc.;
- mellora na representación dos compostos químicos proposta por Kekulé, poñéndose así os químicos de acordo en canto ás fórmulas dos compostos máis importantes;
- recoñecemento de que certos elementos como o hidróxeno, osíxeno, nitróxeno ou cloro son substancias formadas por moléculas diatómicas, e non átomos individuais;
- a importante achega realizada polo químico inglés Edward Frankland en relación aos seus estudos sobre o concepto de valencia.

Pero o gran protagonista do Congreso foi Stanislao Cannizzaro (1826-1910), cunhas intervencións cheas de entusiasmo e elocuencia. Tiña publicado un estudo sobre a natureza atómica da química titulado “Sunto di un corso di Filosofia chimica” (1858)<sup>40</sup>, e nas sesións insistiu na distinción, antes hipotetizada por Avogadro, entre pesos moleculares e atómicos, que estivera esquecida durante medio século (Avogadro morrera en 1856). A hipótese de Avogadro podía usarse para determinar o peso molecular de varios gases, podéndose así determinar a composición dos gases a partir do seu peso molecular. Deu unha brillante conferencia sobre a hipótese de Avogadro, describindo a forma de usala e explicando a necesidade dunha distinción clara entre átomos e moléculas<sup>41</sup>.

A achega de Cannizzaro foi fundamental para que o Congreso aprobara a seguinte proposta:

*“Proponse que se adopten conceptos diferentes para molécula e átomo, considerándose molécula a cantidade máis pequena de substancia que entra en reacción conservando as súas características físicas, e entendéndose por átomo a máis pequena cantidade dun corpo que entra na molécula do seus compostos.”*<sup>42</sup>

<sup>39</sup>Precisamente é neste tópico onde se recollen algunhas intervencións do químico español Torres de Luna.

<sup>40</sup>Neste traballo, Cannizzaro amosou como as masas atómicas descoñecidas de elementos en compostos volátiles se poden obter a partir das masas moleculares coñecidas dos compostos. Tamén sinalou que as masas atómicas dos elementos nos compostos pódense determinar se se coñece a calor específica aínda que non se coñeza a densidade do vapor. O seu traballo sobre a teoría atómica basebase na hipótese de Avogadro.

<sup>41</sup>Cannizzaro recibiría en 1891 a Medalla Copley da Royal Society pola súa contribución no Congreso de Karlsruhe. A Medalla Copley é o maior recoñecemento ao traballo científico, en calquera dos seus campos, otorgado pola Real Sociedade de Londres.

<sup>42</sup>ACCOUNT OF THE SESSIONS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF CHEMISTS ..., op.cit.

Pero non era fácil vencer as inercias existentes. Así o químico francés Dumas propuxo usar os novos pesos atómicos soamente para os compostos orgánicos, deixando os vellos para os inorgánicos. Dadas as discrepancias non se produciu votación a este respecto.

Cannizzaro non se deu por vencido, e axudado polo seu compatriota Angelo Pavesi distribuíu copias dun resumo do seu estudo. Ao final do Congreso xa convencera a moitos dos asistentes das súas ideas, e o longo camiño de volta fixo que outros máis se foran convencendo coa lectura pousada daquel traballo. Vexamos como o Lothar Meyer<sup>43</sup> lembra esa historia:



Cannizzaro

*“Eu tamén recibín unha copia que metín no meu peto para ler na viaxe de volta. Unha vez na miña casa, lina repetidamente, e quedei abraiado da claridade co que este pequeno libro iluminaba os puntos máis importantes das discusións do congreso; as escamas parecían ter caído dos meus ollos. As dúbidas desapareceron e un sentimento de completa certeza ocupou o seu lugar. Se algúns anos máis tarde eu mesmo puiden contribuír ao esclarecemento da situación e a calmar os ánimos quentes, unha parte débolla á publicación de Cannizzaro e, de igual xeito que a min, tivo que afectarlle a moitos outros que participaron no congreso”*

Non é fácil avaliar o efecto inmediato do Congreso nos diferentes países, pero non hai dúbida<sup>44</sup> de que foi grande en Alemaña (debido a Kekulé e Meyer) e en menor medida en Francia. No país galo, Wurtz e Friedel tiveron que loitar contra as inercias representadas por químicos como Berthelot, Debray, Deville ou Fremy, que eran seguidores do sistema de Berzelius. Na Gran Bretaña, as novas ideas foron amplamente aceptadas (coa excepción de Hofmann), e algo semellante pasou en Rusia, onde Mendeleev foi un dos máis grandes defensores.

En relación a España, hai que dicir que, fortemente ancorada no dualismo de Berzelius, tardou en aceptar a nova teoría química. Precisamente, Ramón Torres Muñoz de Luna, o único químico español presente en Karlsruhe, debería ter sido o transmisor das ideas xurdidas dese congreso, pero por variadas razóns, (os seus principios intereses estaban centrados na química aplicada) non cumpriu ese papel<sup>45</sup>. Caso diferente e o de Antonio Casares, profesor da Universidade de Santiago, que xa inclúe no seu Manual de Química General<sup>46</sup> de 1857 un epígrafe dedicado á Teoría Atómica<sup>47</sup>.

### **.- Mendeleev e Karlsruhe.**

Tamén de gran importancia, foi a posibilidade que este congreso brindou para que algúns xoves científicos e moitos especialistas intercambiaran as súas opinións e iniciaran relacións epistolares. Precisamente Lothar Meyer expresaría máis adiante ese importantísimo resultado do congreso:

<sup>43</sup>Tomado de ARAGON DE LA CRUZ, F. (2004). Op.Cit., p. 150.

<sup>44</sup>DE MILT CLARA (1951) Op. Cit., p.425.

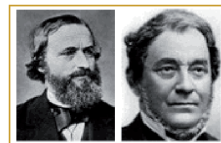
<sup>45</sup>PELLON I (1999). “Los químico españoles..”. Op.Cit , p.57.

<sup>46</sup>En realidade, Antonio Casares xa fala da Teoría Atómica no seu Tratado de Química de 1847, pero aínda hai unha certa confusión entre o que chama moléculas, átomos e corpúsculos.

<sup>47</sup>CASARES A. (1857). “Manual de Química General, con aplicaciones a la industria, y con especialidad a la agricultura”. Tomo I, p 25.

*“Para nós, que nos iniciabamos na docencia, o encontro con tantos respectados colegas representou un aliciente tan grande que fixo que aqueles tres días de Karlsruhe fosen para nós inesquecibles.”<sup>48</sup>*

En 1860, Mendeleev era un mozo bolsreiro ruso de 26 anos que estaba en Heidelberg<sup>49</sup> traballando con Kirchhoff y Bunsen<sup>50</sup>. Dada a proximidade entre Heidelberg e Karlsruhe, e dado que Bunsen ía estar presente no Congreso, non é estraño que o químico ruso tamén asistise. Non obstante, non consta<sup>51</sup> que Mendeleev interviñese, polo menos de xeito notorio. Pero si foi certo que quedou impresionado pola exposición que fixo Cannizzaro da súas ideas sobre os pesos atómicos. Lonxe estaba o mozo químico ruso de aqueloutro que se negaría a existencia do electrón, a radioactividade e outras moitas cousas novas, levantando polémicas e abandonando furioso laboratorios e conferencias por toda Europa<sup>52</sup>.



G.R. Kirchhoff e  
R.W. Bunsen

Esa fonda pegada que Cannizzaro causa en Mendeleev queda recollida nas súas propias palabras<sup>53</sup>:

*“...En primeiro lugar, foi nesa época cando os valores numéricos dos pesos atómicos foron definitivamente coñecidos. Dez anos antes non existía tal coñecemento ...químicos de todas as partes do mundo foron a Karlsruhe para chegar a algún acordo senón respecto aos puntos de vista sobre os átomos si nalgunha medida en relación á súa definitiva representación....Moitos deles probablemente lembren ... canto terreo foi gañado no Congreso polos seguidores da teoría tan brillantemente representada por Cannizzaro. Eu nitidamente recordo a impresión producida polas súas intervencións ... baseadas nas concepcións de Avogadro, Gerhardt e Regnault, as cales estaban naquela época lonxe de seren recoñecidas de xeito xeneralizado.”*

A mención de Mendeleev a Regnault non é estraña dado que estivo baixo a súas ordes no primeiro ano de bolsreiro en París e sabía da súa aceptación da hipótese de Avogadro. Respecto a Charles Frederic Gerhardt hai que dicir que non soamente aceptaba as ideas do químico italiano, senón que en base a elas fixera un novo cálculo dos pesos atómicos. Ademais, sendo moi mozo, opúxose, xunto co seu colega Auguste Laurent, á xeneralización da Teoría Dualista de Berzelius, sendo Gerhardt un dos claros iniciadores da separación entre a química dos compostos orgánicos e a dos inorgánicos. Non puido, desgraciadamente, estar no Congreso de Karlsruhe pois morrera dous anos antes con 39 anos.

<sup>48</sup>Tomado de ROMÁN POLO P. (2000), “El congreso de Karlsruhe y sus personajes” Anales de la Real Sociedad Española de Química, 96 (4), p 48.

<sup>49</sup>Inicialmente estivo en París ás ordes de Henri Regnault (1810-1878), para desprazarse despois a Heildelberg onde había unha numerosa colonia de estudantes rusos.

<sup>50</sup>Desa época e un artigo titulado: “Sobre la cohesión de algunos líquidos y sobre el papel de la cohesión molecular en las reacciones químicas de los cuerpos”. Unha parte dos seus estudos daquelea época procedían dun laboratorio caseiro que tiña no seu aloxamento, pois xa amosaba o estraño carácter que lle acompañaría toda a súa vida.

<sup>51</sup>ACCOUNT OF THE SESSIONS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF CHEMISTS..., op.cit.

<sup>52</sup>BRYSON B. (2003). “Una breve historia ...”. Op.cit. p 129.

<sup>53</sup>MENDELEEV, D.I. (1889). “The Periodic Law of the Chemical Elements”. Journal of the Chemical Society (London) 55, 634-656. Tomado en <http://web.lemoyne.edu/~GIUNTA/EA/MENDELann.html> .

Por outra parte, e aínda que os aspectos esenciais dos resultados do Congreso de Karlsruhe xa teñen sido indicados, ninguén mellor que o propio Mendeleev para guiarnos polo mesmo a través dunha carta dirixida ao seu antigo profesor de Química na Universidade de San Petersburgo, A.A. Vroskresenkii, e publicada na St. Petersburg Gazette No. 280 (1860)<sup>54</sup> :

*“O Congreso de Química que acaba de finalizar en Karlsruhe produciu tal notable efecto na historia da nosa ciencia que eu considero un deber, aínda nunhas poucas palabras, describir os feitos e resultados que tiveron lugar.*

*A esencial razón de convocar un congreso internacional de Química foi o desexo de clarificar e, se fose posible, chegar a acordos nas diferenzas básicas que hai entre os seguidores das diferentes escolas químicas. Primeiramente, Kekulé propuxo resolver cuestións como a diferenza entre moléculas, átomo e equivalente; a do valor dos pesos atómicos, se a partícula de Gerhardt ou a partícula de Berzelius tal como ten sido establecida por Liebig e Poggenдорf, e agora usada pola maioría da xente, debería ser aceptada; por outra parte a cuestión das fórmulas, e finalmente, mesmo sobre o caso no estado actual a ciencia, deberíamos considerar as razóns dos efectos químicos. Pero xa na primeira reunión, o 3 de Setembro, os reunidos encontraron que era imposible clarificar tal número de cuestións, resolvendo entón que soamente se debaterían as dúas primeiras.*

*Foi elixida unha comisión de trinta membros para o tratamento preliminar desas dúas cuestións. Stanislao Cannizzaro estivo finalmente nesa comisión, animando o debate, e en xustiza hai que dicir que recibiu unha xeral aceptación. Na segunda sesión do Congreso, o 4 de Setembro, a comisión informou da resolución a que tiñan chegado ..(refírese agora á diferenza conceptual entre molécula e átomo xa comentada con anterioridade)... Ademais, acordouse a entender os equivalentes como conceptos empíricos que non responden a mesma natureza que a do átomo ou da molécula. Posta a votación a maioría levantou as súas mans ... O resultado foi inesperadamente unánime e importante. Entendendo a diferenza entre átomos e moléculas, os químicos de todos os países comprenderon o principio do sistema unitario (refírese ao sistema defendido por Gerhard e Laurent e que tiña como base os principios de Avogadro e Ampere)...A terceira sesión, o 5 de Setembro, foi dedicada á cuestión dos pesos atómicos, principalmente do carbono: ou aceptar o novo de 12 ou quedar co antigo de 6, ata entón usado por case todo o mundo. Despois dun longo debate, na derradeira sesión, o 6 de Setembro, J. Dumas fixo unha brillante intervención proponendo o uso do novo peso soamente en química orgánica deixando o vello peso para a inorgánica. En contra disto Cannizzaro respondeu acaloradamente, mostrando que todos deberían usar o mesmo novo peso atómico. Non houbo votación para esta proposta, pero a gran maioría tomou parte a favor de Canizzaro. En relación a iso, engado que en todos os debates*



Mendeleev 1860

<sup>54</sup>Traducida desde o artigo de DE MILT CLARA (1951) Op. Cit., p. 422.

*non houbo palabras inapropiadas entre ambas partes. Todo isto, seméllame garantía total dun rápido éxito das novas ideas para o futuro. A metade dos químicos teñen xa resolto non votar en contra desas ideas.”*

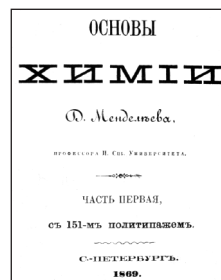
*D. Mendeleev, Heidelberg, 6 de Setembro de 1860.*

A gran impresión que o Congreso de Karlsruhe produciu en Mendeleev manteríase por moito tempo e marcaría o seu traballo inmediato cando regresa o ano seguinte (1861) a Rusia. Nove anos despois, o 18 de Marzo de 1869, Mendeleev publicaría a súa primeira Táboa Periódica nun artigo (“*Unha aproximación ao sistema dos elementos, baseado nos seus pesos atómicos e semellanzas químicas*”, Revista da Sociedade Química Rusa, 1: 60-77) presentado ante a Sociedade Química de Rusia no seu primeiro congreso. Dous anos despois, (1871), presenta o traballo “*Un sistema natural dos elementos e o seu uso para predicir as propiedades de elementos sen descubrir*” (Revista da Sociedade Química Rusa, 3: 25-56), onde predixo a existencia de varios elementos entre os que se atopa o eka-silicio (Xermanio) e o eka-boro para os que predixo unhas propiedades físicas e químicas con considerable precisión.

Semella impensable que Mendeleev tivese publicado o seu texto *Química Orgánica* en 1861, nin que Julius Lothar Meyer comezase a escribir en 1862 o seu libro *Die Modernen Theorie der Chemie*, publicado en 1864, se non tivesen estado presentes en Karlsruhe. Tampouco se entenderían os progresos que van ter Meyer e Mendeleev sobre a clasificación periódica se non tivesen coñecido os novos valores dos pesos atómicos do carbono, osíxeno, xofre, prata e os metais alcalinos.

Porén, non todo foi doado para os partidarios da teoría atómica-molecular despois desta reunión. Quedaron algúns focos de resistencia<sup>55</sup> ata final de século, sendo un claro exemplo o de Marcellin Berthelot en Francia, que non utilizou fórmulas atómicas ata 1891.

Sobre a presenza na química española das ideas de Mendeleev, en relación coa periodicidade das propiedades dos elementos químicos, hai que dicir que os xa mencionados, Torres Muñoz e Luanco editarían novas versións das súas obras de Química en 1877<sup>56</sup> e 1878<sup>57</sup>, respectivamente, pero en ningún destes textos se recolle o concepto de clasificación periódica dada por Mendeleev. En opinión de Claudi Mans<sup>58</sup>, estudoso da figura de Luanco, é sorprendente que este último non tivese chegado a explicar nas súas obras as ideas de Mendeleev, xa que un compañeiro de claustro na Universidade de Barcelona, Mascareñas, no seu propio libro de texto<sup>59</sup> de 1884 explicaba o sistema periódico de Mendeleev e Meyer. Luanco só o citaría no programa da súa disciplina en 1892, e na edición derradeira do seu libro de texto de 1893, e aínda como una nota en letra pequena ao final dun tema, e sen destacar.



*Química  
Mendeleev (1869)*

<sup>55</sup>PELLON I (1999). “Sobre átomos e moléculas, historia duna polémica (1803-1890)”. Anales de la RSEQ (Segunda época), 95 (2), p.40.

<sup>56</sup>TORRES MUÑOZ DE LUNA (1877). “Lecciones. elementales de química general, para uso de los alumnos de ciencias, medicina...”. Editor: Librería de Sánchez. MADRID.

<sup>57</sup>LUANCO J.R. (1878). “Compendio de las lecciones de Química General explicadas en la Universidad de Barcelona” 1ª ed. Imp.J.Jepús. BARCELONA.

<sup>58</sup>MANS C. (2005) “José Ramón de Luanco: químico y Química en transición”. Real Instituto de Estudios Asturianos. OVIEDO, p. 5.

<sup>59</sup>MASCAREÑAS Y HERNANDO, E. (1884). “Introducción al estudio de la Química”. Redacción y Administración de la “Crónica Científica”. BARCELONA.

Non será ata a última década do S.XIX en que aparecerá un verdadeiro interese por esa clasificación. Precisamente no discurso de ingreso de Rodríguez Carracido<sup>60</sup> en 1888 na Academia de Ciencias en Madrid, xa se describe con claridade<sup>61</sup> a Lei periódica de Mendeleev Tamén nos discursos de ingreso de Bonilla y Mirat (1898)<sup>62</sup> e de Muñoz del Castillo (1901)<sup>63</sup> faise referencia ao sistema periódico. Porén, os respectivos discursos<sup>64</sup> de contestación foron moi críticos cara as doutrinas científicas de Mendeleev e Lothar Meyer.

Hai que dicir que Mendeleev estivo en España en 1881, en Toledo, Sevilla e Madrid, pero non hai constancia de que a viaxe tivese connotacións científicas<sup>65</sup>.

### **- O valor dos Congresos.**

Outro resultado moi importante do Congreso de Karlsruhe foi xerar o convencemento de que as reunións de científicos onde se puidesen intercambiar ideas, experiencias e teorías eran fundamentais para o progreso da ciencia. Así outras reunións virían despois como a Primeira Reunión da Sociedade Rusa de Química (1869) onde Mendeleev anunciou a Lei Periódica dos Elementos.

En 1892, celebrouse outro encontro internacional de Química en Xenebra (Suíza)<sup>66</sup> e que supuxo o primeiro intento de sistematizar a nomenclatura orgánica. Nel xeráronse un conxunto de propostas como a nomenclatura de compostos orgánicos e inorgánicos, a estandarización de constantes físicas, a edición de táboas de propiedades da materia e a estandarización dos formatos das publicacións; medidas necesarias para previr a repetición de artigos científicos. Non obstante, e como aínda podemos observar hoxe en día, a unicidade na nomenclatura non foi nin moito menos acadada. Así o poñen de manifesto as palabras do F. Seiler, editor dunha revista de Química e Farmacia, informando sobre o Congreso de Xenebra: “*Os congresos propoñen e os químicos dispoñen*”<sup>67</sup>.

En 1911 en París, crease a Asociación Internacional de Sociedades Químicas, que pode considerarse<sup>68</sup> como a predecesora da actual IUPAC establecida en 1919.

---

<sup>60</sup>Foi elixido Académico o 11 de maio de 1887, lendo o seu discurso de ingreso o 19 de febreiro do ano seguinte, versando sobre o “Concepto actual del elemento químico”.

<sup>61</sup>ARAGON DE LA CRUZ, F. (2004). Op.Cit., p. 160.

<sup>62</sup>SANTIAGO BONILLA Y MIRAT (1898). “*Anatomía y fisiología de la molécula química*”. Discursos leídos en las sesiones públicas de recepción de los señores Académicos Numerarios. Real Academia de Ciencias. Catálogo de Publicaciones. Madrid.

<sup>63</sup>JOSÉ MUÑOZ DEL CASTILLO. (1901) “*Estequiología o Química de los cuerpos simples*”. Discursos leídos en las sesiones públicas de recepción de los señores Académicos Numerarios. Real Academia de Ciencias. Catálogo de Publicaciones. Madrid.

<sup>64</sup>A contestación ao discurso de Rodríguez Carracido foi de José Echegaray; o de Bonilla foi contestado por Ricardo Becerro De Bengoa; e ao Muñoz del Castillo respondeu Amós Salvador y Rodrigáñez.

<sup>65</sup>A súa visita a España foi unha visita de carácter persoal acompañado por Ana Popova, xove rusa, 25 anos máis nova que el, e da que se namorou apaixonadamente, e que sería a súa segunda muller.

<sup>66</sup>CONFERENCIA INTERNACIONAL DE XENEBRA PARA A REFORMA DA COMENCLATURA QUÍMICA. Ver GARCIA BALMAR, A. e BERTOMEU, J.R. “Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química”. EDICIONES DEL SORBEL. BARCELONA 1999, pp 82, 98, 121, 204.

<sup>67</sup>Tomado de SALA L.. “La sinonimia en el vocabulario de la química del siglo XIX”. Proyecto de Investigación El vocabulario de la química en el siglo XIX. (PB94-0918). BARCELONA 1994, p.3.

<sup>68</sup>BERMEJO M.R., e CID R., (1998). “Sobre a I.U.P.A.C., os nomes dos novos elementos químicos e outras cousas”. Boletín das Ciencias (XII Congreso de ENCIGA), p.29.

Outras reunións que son consideradas transcendentais no desenvolvemento da ciencia son as Conferencias Solvay<sup>69</sup>. Estas comezaron en Bruxelas en 1911, o mesmo ano que se crea a Asociación Internacional de Sociedades Químicas, e reuniu aos máis grandes científicos da época. Teñen sido dedicadas a problemas abertos tanto na Física como na Química. Ata hoxe téñense celebrado 23 Conferencias Solvay en Física e 21 en Química. A 23ª Conferencia Solvay de Física tivo lugar en decembro de 2005, sobre o tema: “*A Estructura Cuántica do Espazo e Tempo*”; mentres que a 21ª Conferencia Solvay en Química levou por título “*Das ensamblaxes non covalentes ás máquinas moleculares*”.

As discusións e controversias entre Einstein e Böhr na 5ª e 6ª Conferencia Solvay de Física xa forman parte da historia da ciencia.

Porén, hai por parte dun sector de profesionais certo desprezo cara os congresos e reunións en xeral deste tipo. Veñen a considerar que soamente son excusas para estar uns días fóra do traballo e pouco máis. Cremos que isto non é así, e que destes encontros sempre saen resultados beneficiosos para todos. O Congreso de Karlsruhe é un exemplo paradigmático disto e os vinte congresos de ENCIGA son unha referencia moito máis próxima.

## ACTO II: A CRÓNICA DUNHA INGRATITUDE.

O 30 de Agosto de 1997 a IUPAC emitía o seguinte comunicado:

*“O Consello da Unión Internacional de Química Pura e Aplicada aprobou hoxe as recomendacións finais para os nomes dos elementos 101 a 109. Nunha votación de 64 a 5 (con 12 abstencións) delegados de 40 países aceptaron o informe do Comité de Nomenclatura de Química Inorgánica (CNIC), finalizando, xa que logo, tres anos de controversia en relación cos nomes deses elementos de corta vida producidos artificialmente.”*

O elemento 101 é o Mendelevio, en honra de Dmitri Ivanovich Mendeleev. É certo que o nome deste elemento xa estaba en tódalas táboas periódicas<sup>70</sup> moito antes de 1997, pero digamos que de forma oficial e definitiva quedou fixado hai dez anos.

As razóns desta demora foron debidas a disputas de tipo político e de rivalidades persoais entre investigadores e entre centros de investigacións. Así, os elementos 99 (Es) ou o 100 (Fm) foron identificados nos restos que deixaban as probas das armas nucleares, polo que non sorprenden as controversias<sup>71</sup> entre a comunidade científica á hora de admitir os nomes para estes elementos e os posteriores.

Pero no caso do Mendelevio, non se pode aceptar que houbese que esperar tanto tempo. Se se pedise o nome dun químico ilustre en calquera parte do mundo ao longo da historia, seguro que un dos máis citados, seguramente o primeiro, sería Mendeleev. O químico ruso falecera o 2 de febreiro de 1907, polo que noventa anos foron precisos para que o pai da Táboa Periódica fose obxecto do oficial recoñecemento mundial por parte da Química.

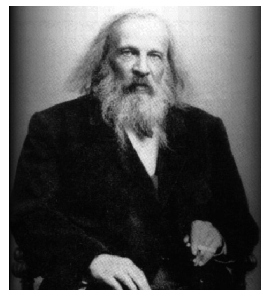
Non menos incomprendible é que non tivese recibido un dos primeiros Premios Nobel, senón o primeiro, concedidos en Química. Os premiados nos anos anteriores ao pasamento de Mendeleev, foron:

<sup>69</sup>Organizados inicialmente baixo o mecenazgo de Ernest Solvay (1838-1921), químico e industrial belga.

<sup>70</sup>Foi descuberto en 1955 e inicialmente o seu símbolo foi Mv, pero a partir de 1963 xa aparece co símbolo actual Md.

<sup>71</sup>BROCK, W.H. (1998). “Historia de la Química”. ALIANZA EDITORIAL (CIENCIA Y TECNOLOGÍA). Madrid, pp 301-302

- 1901: Jacobus Henricus Van't Hoff polo descubrimento das leis da dinámica química e da presión osmótica nas solucións químicas.
- 1902: Hermann Emil Fischer en recoñecemento polos seus traballos no campo dos glúcidos e polos seus estudos de síntese no grupo da purina.
- 1903: Svante August Arrhenius en recoñecemento polos seus extraordinarios servizos para o avance da Química a partir da súa teoría electrolítica da disociación.
- 1904: William Ramsay en recoñecemento do seu papel no descubrimento dos gases inertes e a determinación da súa posición no sistema periódico.
- 1905: Johann Friedrich Wilhelm Adolf Von Baeyer en recoñecemento dos seus servizos no avance da química orgánica e da industria química.
- 1906: Henri Moissan in recoñecemento polo illamento do Flúor e por ter ideado o forno de arco que leva o seu nome.



Mendeleev 1905

Sen cuestionar os méritos de ningún dos científicos anteriores, cremos que soamente cos traballos publicados por Mendeleev en 1869<sup>72</sup> e en 1871<sup>73</sup>, nos que se presenta a primeira Táboa Periódica e onde se indican a existencia de ocos<sup>74</sup> onde irían elementos aínda sen descubrir (predicándose as súas propiedades), sería de abondo para ter sido merecente dun premio Nobel.

Outro feito bastante descoñecido é que o químico ruso, xunto con Pierre Emile Clapeyron (1799-1864), está considerado como un dos inspiradores doutra máis que famosa expresión da Química:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad ^{75}$$

Precisamente, a constante desta ecuación, R, é en honra de Victor Henri Regnault (1810-1878)<sup>76</sup> quen fora titor de Mendeleev no ano que pasou como bolseiro en Paris en 1859.

Pero é que Mendeleev publicou 500 traballos en diferentes campos da ciencia, organizou a Oficina de Pesas e Medidas en Rusia, era membro de 90 academias científicas<sup>77</sup> do estranxeiro, recibiu títulos honorarios de moitas universidades, e un docente universitario comprometido.

<sup>72</sup>MENDELEEV D.I. (1869).“Unha aproximación ao sistema dos elementos, baseado nos seus pesos atómicos e semellanzas químicas”, Revista da Sociedade Química Rusa, 1, pp. 60-77. Pódese consultar unha versión do artigo en inglés en <http://www.rod.beavon.clara.net/periodic1.htm>

<sup>73</sup>MENDELEEV D.I. (1871).“Un sistema natural dos elementos e o seu uso para predicir as propiedades de elementos sen descubrir” (Revista da Sociedade Química Rusa, 3, pp. 25-56. Pódese consultar unha versión do artigo en inglés en <http://www.rod.beavon.clara.net/neweleme.htm>

<sup>74</sup>Hai que dicir que Lothar Meyer tamén deixou ocos na súa Táboa Periódica, pero pensaba que era unha imperfección e non chegou tan lonxe como Mendeleev.

<sup>75</sup>IZQUIERDO M.C., PERAL F., et al (2003) “Evolución histórica de los principios químicos”: UNED. Madrid, p.57.

<sup>76</sup>Regnault é recoñecido fundamentalmente polos seus traballos referidos ao estudo das propiedades termodinámicas dos gases, e en particular dos cambios de estado. Sucedeu a Gay-Lussac como profesor de Química na École Polytechnique de Paris.

<sup>77</sup>Curiosamente nunca foi admitido na Academia Rusa das Ciencias debido ás súas ideas liberais.

Foi, por outra parte, autor e editor de varios manuais de Química, e de feito en 1861 escribe o seu primeiro libro de texto dedicado a Química Orgánica. Por este libro sería galardoado co Premio Demidov<sup>78</sup> pola Academia de Ciencias de San Petersburgo en 1862.

Ademais, non se pode obxectar que a Academia Sueca non apreciase o sistema periódica dos elementos como instrumento importante na Química, pois en 1904 fíxose explícita esa valoración na concesión do Premio Nobel a Ramsay.

Aínda máis, Mendeleev xa recibira outros grandes premios entre os que destacan dúas condecoracións que se poden considerar entre os máis grandes recoñecemento que un químico pode recibir: a Medalla Davy<sup>79</sup> (1882) e a Medalla Copley<sup>80</sup> (1905). De feito, ningún dos seis químicos galardoados co premio Nobel antes citados foi premiado con esas dúas medallas, e mesmo dous deles (Van't Hoff e Fischer) non recibiron ningunha delas.

E desde unha perspectiva simplemente humana, soamente Baeyer era da súa idade (mesmo un ano máis mozo), porque os outros cinco premiados eran uns vinte anos máis novos, e a idade de Mendeleev, nos albores do S.XX, xa invitaba ás presas á hora de recoñecerlle méritos en vida<sup>81</sup>.

É certo que o químico ruso foi caendo nos seus derradeiros anos nunha cada vez maior excentricidade, sendo protagonistas de altercados en conferencias e laboratorios por toda Europa<sup>82</sup>. É de supoñer que isto debeu ser inaceptable para a “moi limpa e relucente” academia escandinava. Ademais, Mendeleev se tiña mostrado claramente en contra da teoría electrolítica da disociación de Arrhenius<sup>83</sup>, e este era sueco e con gran influencia na comunidade química, así que a vinganza estaba preparada. Aínda así estivo a piques de logralo pois en 1906 o Premio Nobel foi concedido a Moissan no canto de Mendeleev por só un voto de diferenza. En febreiro de 1907 prodúcese o pasamento do químico ruso. Unha broma macabra que ás veces se adoita escoitar nas altas esferas científicas é que para ser Premio Nobel fai falla unha gran lonxevidade ademais de extraordinarios logros científicos<sup>84</sup>.

Afortunadamente, “na súa” Táboa Periódica fíxose xustiza. Aínda que segue a haber discusións sobre se os elementos químicos deben levar nomes de científicos ou científicas<sup>85</sup> parece que neste caso o nome do elemento 101 está máis que xustificado (un caso semellante é o da física Lise Meitner<sup>86</sup>).

<sup>78</sup>MASANORI K. (2002). “D. I. MENDELEEV’S concept of chemical elements and the principles of Chemistry.”. Bull. Hist. Chem., VOLUME 27, 1, p.5.

<sup>79</sup>A Medalla Davy é, desde 1877, tamén otorgada pola Sociedade Real de Londres para destacar “un descubrimento recente sumamente importante en calquera rama da química.”

<sup>80</sup>A medalla Copley é o maior recoñecemento ao traballo científico, en calquera dos seus campos, otorgado pola Sociedade Real de Londres. É ademais o galardón máis antigo xa que a primeira medalla foi concedida en 1731.

<sup>81</sup>Así, Lothar Meyer, que compartira con Mendeleev a Medalla Davy morrera xa en 1895.

<sup>82</sup>BRYSON B. (2003). “Una breve historia de casi todo”. RBA LIBROS. Barcelona, p. 129.

<sup>83</sup>Mendeleev non foi o único en opoñerse a esta teoría. Así, H.E. Armstrong (1848-1937), profesor de Química no Central Technical College da Universidade de Londres, satirizaba a teoría de disociación electrolítica en dous contos de fadas titulados: “O soño do honrado hidronio” e “A sede da auga salgada”.

<sup>84</sup>Ernst Ruska, tamén ruso, que inventou o microscopio electrónico en 1932, tivo que esperar 54 anos para recibir o Nobel por esa invención. Tiña ochenta anos cando o recibiu e meses despois finou.

<sup>85</sup>Ver as reflexións a este respecto en BERMEJO, M.R., GONZALEZ-NOYA, A.M. E VAZQUEZ M. “O nome e o símbolo dos elementos químicos”. XUNTA DE GALICIA. Santiago. 2006.

<sup>86</sup>Ver CID R. (1998). “Os últimos elementos da Táboa Periódica”. BOLETIN DAS CIENCIAS, 33, p.56.

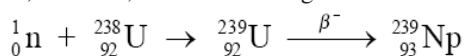
### ACTO III: A ENTRADA DE MENDELEEV NA TÁBOA PERIÓDICA.

Naturalmente, o sistema periódico era o escenario perfecto para poñerse a buscar os elementos preditos por Mendeleev e aínda moitos máis.

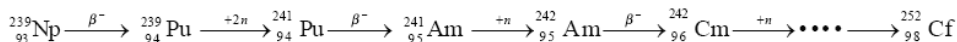
Así, en 1925, os químicos alemáns Walter Noddack e Ida Eva Tacke introducían na Táboa Periódica o último elemento estable: o Renio (Re, Z=75). En 1937, os italianos Perrier e Segré identificaron o Tecnecio (Tc, Z=43) nun anaco de Mo que fora bombardeado con deuteróns. En 1939 a francesa Marguerite Perey identificou o Francio (Fr, Z= 87), e en 1940, outra vez Segré identificou o Astató (At, Z=85).

A finais da Segunda Guerra mundial, varios físicos en Oak Ridge (EEUU) identificaron o Prometio<sup>87</sup> (Pm, Z=61). Na década dos corenta, exactamente de 1940 a 1952, oito elementos foron sintetizados en Berkeley (California). Son os transuránidos: do Neptunio (Np, Z=93) ao Fermio (Fm, Z=100).

O procedemento para a obtención destes transuránidos coñécese como “Síntese neutrónica”. Trátase de bombardear con neutróns núcleos pesados e agardar a que a desintegración radioactiva dos núcleos inestables actúe. Era, pois, preciso bombardear Uranio con neutróns, polo que a partir de 1946 comezou a súa busca sistemática aproveitando o funcionamento de reactores nucleares -que como sabemos xeran intensos fluxos neutrónicos e “queiman” Uranio- baixo a dirección de I.V.Kurchátov, en Rusia, e de G.T.Seaborg en EEUU.

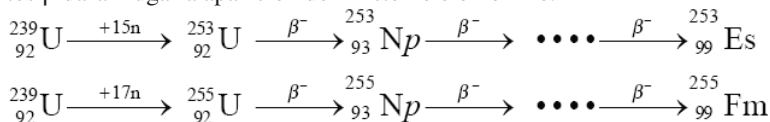


Pero é máis, se a irradiación neutrónica se realiza durante un tempo bastante prolongado (un ano ou máis), entón non so se acumularán cantidades grandes de Neptunio, senón dos elementos que o seguen. En efecto, a través do progresivo aumento de neutróns nos novos núcleos formados e de sucesivos decaementos Beta comezan a formarse novos elementos:



O intento de continuar co procedemento non daba resultado para os elementos seguintes ao Californio. A razón estriba en que segundo avanzamos cara a núcleos maiores aumenta a inestabilidade e polo tanto a probabilidade de decaementos  $\alpha$  e  $\beta$ , e sobre todo a desintegración por fisión espontánea.

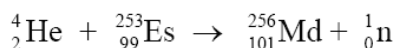
Os elementos 99 e 100 foron descubertos en 1952 e 1953 respectivamente no po radioactivo resultante das primeiras explosións nucleares de fusión. Nestas condicións, un fluxo de neutróns decenas de veces superior o que hai nun reactor de fisión, pasa a través do revestimento de uranio que ten a bomba, polo que este pode captar máis dunha ducia de neutróns. Sucesivos decaementos  $\beta$  darán lugar a aparición do Einstenio e o Fermio:



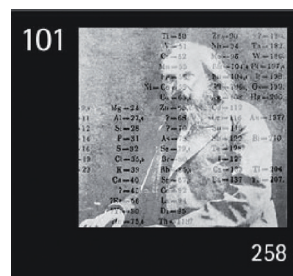
<sup>87</sup>A existencia do Prometio non fora predita por Mendeleev, senón por Bohuslav Brauner en 1902; esta predicción foi apoiada por Henry Moseley en 1914, quen atopou un oco para un elemento descoñecido con número atómico 61. O Prometio foi producido e illado por primeira vez no Oak Ridge National Laboratory (ORNL) nos EEUU en 1945 polos físicos Jacob A. Marinsky, Lawrence E. Glendenin e Charles D. Coryell por separación e análise dos produtos de fisión do uranio no Reactor de Grafito; porén, a causa da Segunda Guerra Mundial, o descubrimento non foi anunciado ata 1947.

Paralelamente á síntese neutrónica, comezouse a utilizar outra estratexia: bombardear brancos de elementos pesados con ións acelerados. Trátase de lanzar contra brancos de transuránidos de vida suficientemente longa, partículas con carga para que entren nos núcleos dos átomos do branco, formándose daquela núcleos de maior tamaño. Deben ser partículas cargadas -núcleos ou ións- para poder seren acelerados e dirixidos mediante campos eléctricos e magnéticos, xa que han de posuír elevadas velocidades para vencer a repulsión coulombiana cos núcleos branco. Por outra parte, dado o escaso tempo de “supervivencia” dos novos elementos obtidos, non é preciso insistir no enxeño que tiveron que desenvolver os investigadores.

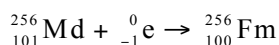
Por razóns obvias, comezouse coas partículas máis fáciles de acelerar: os núcleos de deuterio ou helio -a “artillería lixeira” como dicía Fliorov (1985)<sup>88</sup>. Desta forma foron sintetizados os elementos 94, 96, 97 e 98 e o último en ser obtido foi o 101 - o Mendelevio- no ano 1955:



Neste experimento, como branco servía unha capa fina duns mil millóns de átomos de Es-253 -imperceptible para os ollos- aplicada sobre unha folla finísima de ouro. Esta folla foi irradiada no acelerador de Berkeley (California) con partículas alfa. Estas partículas movíanse cunha velocidade de preto de 50000 km/s e expulsaban aos núcleos de Einsteinio cos que chocaban. Estes núcleos chegaban a unha segunda folla de ouro situada detrás da primeira e alí “asentábanse” pero xa como Md-256. Foron recollidos soamente 17 átomos, pero uns case que alquimistas chamados Albert Ghiorso, Bernard G. Harvey, Gregory R. Choppin, Stanley G. Thompson, and Glenn T. Seaborg<sup>89</sup> foron quen de “identificalos”.



Dado que a súa vida media era de só uns 80 minutos non era posible esperar cantidades mensurables do novo elemento. Pero no seu decaemento o Mendelevio-256 captura un electrón para converterse en Fermio-256.



Aínda que este isótopo do Fm tamén ten unha vida media moi curta (~3 h), “houbo tempo” para que se puidesen detectar tres átomos deste elemento. Esa era a proba inequívoca de que se tiña sintetizado o Mendelevio.

O isótopo do Mendelevio máis estable é o Md-258 que ten unha vida media de 52 días; a súa síntese lógrase bombardeando Einsteinio-255 con partículas alfa. Isto ten permitido saber algunhas propiedades<sup>90</sup>, como que presenta unha primeira Enerxía de Ionización de 635 kJ/mol y que o seu estado principal de oxidación é o Md<sup>3+</sup>.

<sup>88</sup> FLIOROV, G.N., ILINOV, A.S. (1985): “En el camino hacia los superlementos”. Editorial MIR. Moscova, p. 37.

<sup>89</sup> En relación a Glenn T. Seaborg, é inevitabe comentar que foi o único químico que tivo a fortuna de ver o seu nome na Táboa Periódica (Sb, Z=106), pois os demais tiñan morto cando se lle puxo o seu nome a algún elemento.

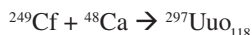
<sup>90</sup> Ver <http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/Md.html> (Environmental, Chemistry & Hazardous Materials News, Careers & Resources).

O número de isótopos do Mendeleev é de dezaseis como se indican na táboa seguinte<sup>91</sup>:

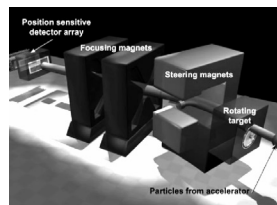
Isótopo	Vida media	Isótopo	Vida media
<sup>245</sup> Md	0.35 s	<sup>253</sup> Md	6 m
<sup>246</sup> Md	1.0 s	<sup>254</sup> Md	10 m
<sup>247</sup> Md	1.12 s	<sup>255</sup> Md	27 m
<sup>248</sup> Md	7 s	<sup>256</sup> Md	78.1 m
<sup>249</sup> Md	24 s	<sup>257</sup> Md	5.52 h
<sup>250</sup> Md	52 s	<sup>258</sup> Md	51.5 d
<sup>251</sup> Md	4.0 m	<sup>259</sup> Md	96 m
<sup>252</sup> Md	2.3 m	<sup>260</sup> Md	31.8 d

Como xa se comentou con anterioridade, Mendeleev foise convertendo nos seus últimos anos nunha persoa facilmente irritable (digamos que doadamente desestabilizable desde o punto de vista emocional). Xa que logo, como ben ten indicado o escritor inglés Paul Strathern<sup>92</sup>, semella moi apropiado que tódolos isótopos do Mendeleev sexan tan inestables.

Unhas poucas semanas antes de cumprirse o centenario da morte de Mendeleev, a revista *Physical Reviews C*<sup>93</sup> publicaba un artigo no que se daba a coñecer a síntese do último dos elementos en entrar no sistema periódico, o elemento 118. Tras miles de horas de bombardear un branco de californio enriquecido cun feixe acelerado de ións calcio, detectábanse tres átomos deste novo elemento.



Nesta ocasión, foron dous equipos de 20 científicos rusos de Dubna e 10 norteamericanos de Berkeley quen lograron esta proeza científica. Unha vez máis, a Táboa Periódica proposta por Mendeleev en 1869 saía triunfante.



## FINALIZANDO

Seguramente Mendeleev estaría encantado se soubera que o seu nome está presenta na Táboa Periódica, e quizais non lle dera demasiada importancia a non ter sido premiado co Nobel. A fin de contas, o club dos que están nesa Táboa e “moito máis selecto”, pois hai unha decena de nomes de persoas no sistema periódico e uns dous centos na lista de premiados en Química pola academia sueca (algo parecido seguro que pensaría Lise Meitner<sup>94</sup>).

Por certo, hoxe en día, existen tantas versións (máis de mil) de Táboas Periódicas que se fai preciso tamén unha “Clasificación das Táboas Periódicas”.

<sup>91</sup>The Isotopes Project Home Page (Lawrence Berkeley National Laboratory): <http://ie.lbl.gov/ip.html>.

<sup>92</sup>STRATHERN, P. (2000). “El Sueño De Mendeleiev. De la Alquimia a la Química”. Siglo XXI de España Editores.

<sup>93</sup>OGANESSIAN Yu. Ts., K MOODY. J., et al (2006): “Synthesis of the isotopes of elements 118 and 116 in the <sup>249</sup>Cf and <sup>245</sup>Cm+<sup>48</sup>Ca fusion reactions”. *Phys. Rev. C* 74, 044602.

<sup>94</sup>Lise Meitner foi tamén merecente do Premio Nobel polo seu descubrimento da fisión nuclear, pero inxustamente non foi premiada co Nobel. Porén, a IUPAC acordou que o elemento 109 leve o seu apelido. Un caso singular é o de Glenn T. Seaborg pois gañou o Nobel, o seu apelido aparece como nome do elemento 106 e ten sido a única persoa que ten estado viva para celebrar a súa presenza na Táboa Periódica.

Así, poden clasificarse<sup>95</sup> en:

- continuas ou descontinuas
- segundo o número de grupos –cortas, medias e longas–
- pola súa dimensionalidade –bidimensionais ou tridimensionais–

A súa vez, as bidimensionais poden ser:

- curvas ou matriciais

E as tridimensionais:

- curvas ou helicoidais.

De entre elas a máis estendida é a bidimensional matricial con 18 columnas verticais –os grupos–, separadas nos bloques  $s$  (2 grupos),  $p$  (6 grupos),  $d$  (10 grupos) e  $f$  (14 grupos), situándose este último ao pe da táboa.

A presenza de Mendeleev en diferentes campos do coñecemento excede do meramente químico, pois aparece como nome dun volcán (tamén moi apropiado) nunha das illas Kuriles (entre Rusia e o Xapón); hai unha cordilleira submarina no Ártico que tamén leva o seu nome; existe un mineral de fórmula  $(Ca,U)_2(Ti,Nb,Ta)_2O_6(OH)$ , que se chama mendeleevita (tamén betafita); o asteroide 2769 leva o seu nome, e mesmo se imos a Lúa atoparemos un cráter (Ø313 km 5.7N 140.9E) chamado Mendeleev (o de ter que ir a Lúa é literal, porque o cráter atópase na cara oculta do noso satélite).

E por increíble que pareza, nun país de “letras” como España, Correos lanzou o 2 de febreiro de 2007 un selo<sup>96</sup> coma homenaxe a Mendeleev no centenario do seu pasamento. Ben está.

Falando de gratitude, expreso o meu fondo recoñecemento a Manolo Bermejo Patiño, catedrático de Química Inorgánica da USC, polas súas moi acertadas indicacións e correccións, sendo ademais o verdadeiro inspirador deste artigo.

Por último, desexo reiterar a importancia dos Congresos (Reunións, Xornadas, Encontros, etc) no avance do coñecemento. Lugar onde, máis veces das que se pensa, xorden iniciativas, ideas, accións, desatáscanse vellas propostas, renóvanse compromisos ou se impulsan novos proxectos. Sirva tamén, así, de pequena homenaxe a tódolos que teñen colaborado nos CONGRESOS DE ENCIGA agora que vimos de celebrar o VIXÉSIMO PRIMEIRO.

Para os que pensan que a xente vai aos congresos simplemente “a pasalo ben” hai que lembrarllas a famosa frase de Chesterton: “*O contrario de serio non é divertido, o contrario de serio é aburrido*”.

Que poidamos seguir celebrando, divertidamente, outros vinte un congresos máis, polo menos.

<sup>95</sup>ROMÁN POLO P. (2004), “La tabla periódica de los elementos en versión cuatrilingüe de editorial Tébar y los Anales de Química de la RSEQ” Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 5(3), p. 168.

<sup>96</sup>[http://www.correos.es/comun/filatelia/2007/0450\\_07-seleccionaSello.asp?IdSello=1022007](http://www.correos.es/comun/filatelia/2007/0450_07-seleccionaSello.asp?IdSello=1022007)

**REFERENCIAS.**

1. ACCOUNT OF THE SESSIONS OF THE INTERN. CONGRESS OF CHEMISTS IN KARLSRUHE. Tomado de SELECTED CLASSIC PAPERS (<http://web.lemoyne.edu/~GIUNTA/papers.html>).
2. ARAGON DE LA CRUZ, F. (2004). "*Historia de la Química*". Editorial Síntesis. S.A. MADRID.
3. BABOR J., IBARZ J (1979). "*Química General Moderna*". Editorial Marín (8ª Ed). BARCELONA.
4. BERMEJO M.R., e CID R., (1998). "*Sobre a I.U.P.A.C., os nomes dos novos elementos químicos e outras cousas*". Boletín das Ciencias (XII Congreso de ENCIGA). Santiago.
5. BERMEJO, M.R., GONZALEZ-NOYA, A.M. E VAZQUEZ M. (2006). "*O nome e o símbolo dos elementos químicos*". XUNTA DE GALICIA (Centro Ramón Piñeiro para a Investigación en Humanidades). Santiago.
6. BROCK, W.H. (1998). "*Historia de la Química*". ALIANZA EDITORIAL (CIENCIA Y TECNOLOGÍA). MADRID.
7. BRYSON B. (2003). "*Una breve historia de casi todo*". RBA LIBROS. BARCELONA.
8. CID R. (1998). "Os últimos elementos da Táboa Periódica". BOLETIN DAS CIENCIAS, 33.
9. DE MILT CLARA (1951) "*The Congress at Karlsruhe*". J. Chem. Educ., 28, pp. 421-425.
10. FLIOROV, G.N., ILINOV, A.S. (1985): "*En el camino hacia los superlementos*". Editorial MIR. Moscova.
11. GARCIA BALMAR, A. e BERTOMEU, J.R. (1999). "*Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química*". EDICIONES DEL SORBEL. BARCELONA.
12. HARTLEY H. (1966) "*Stanislao Cannizzaro, F.R.S. (1826-1910) and the First International Chemical Conference at Karlsruhe in 1860*" Notes and Records of the Royal Society of London, Vol. 21, No.1, pp. 56-63
13. IZQUIERDO M.C., PERAL F., et al (2003) "*Evolución histórica de los principios químicos*". UNED EDICIONES. MADRID.
14. MANS C. (2005) "*José Ramón de Luanco: químico y Química en transición*". Real Instituto de Estudios Asturianos. OVIEDO, pp. 1-13
15. MASANORI K. (2002). "*D. I. MENDELEEV'S concept of chemical elements and the principles of Chemistry*". Bull. Hist. Chem., VOLUME 27, 1
16. MASON S.F. (1986). "*Historia de las Ciencias*". Tomo 4. ALIANZA EDITORIAL. MADRID.
17. MENDELEEV (1869). "*The relation between the properties and atomic weights of the elements*". Tomado en <http://www.rod.beavon.clara.net/periodic1.htm>
18. MENDELEEV (1871). "*A natural system of the elements and its use in predicting the properties of undiscovered elements*". Tomado en <http://www.rod.beavon.clara.net/neweleme.htm>.
19. MENDELEEV, D.I. (1889). "*The Periodic Law of the Chemical Elements*". Journal of the Chemical Society (London) 55, 634-656. Tomado en <http://web.lemoyne.edu/~GIUNTA/EA/MENDELann.HTML>.

20. OGANESSIAN Yu. Ts., K MOODY. J., et al (2006). "Synthesis of the isotopes of elements 118 and 116 in the  $249\text{Cf}$  and  $245\text{Cm}+48\text{Ca}$  fusion reactions". Phys. Rev. C 74, 044602
21. PELLON I (1999). "Los químicos españoles ante la teoría atómica química (1803-1890)". Anales de la RSEQ (Segunda época), 95 (4), pp. 47-59.
22. PELLON I (1999). "Sobre átomos y moléculas, historia de una polémica (1803-1890)". Anales de la RSEQ (Segunda época), 95 (2), pp.34-42.
23. PELLON I (1997). "La recepción de La Teoría Atómica en la España del siglo XIX". Serie Tesis Doctorales. Universidad del País Vasco.
24. PORTELA, E. e SOLER A., (1998), "La química española del S. XIX", Historia de La Ciencia y de la Técnica. Akal. MADRID.
25. RODRIGUEZ CARRACIDO, X. (1894), "La Evolución en la Química". LIBRERÍA VIUDA DE HERNANDO. MADRID.
26. ROMÁN POLO P. (2004), "La tabla periódica de los elementos en versión cuatrilingüe de editorial Tébar y los Anales de Química de la RSEQ" Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 5(3), pp 166-170
27. ROMÁN POLO P. (2002), "El racó de la història: Del caos a l'ordre químic: Mendeleiev". Revista de la Societat Catalana de Química, 3, pp. 43-48.
28. ROMÁN POLO P. (2000), "El congreso de Karlsruhe y sus personajes" Anales de la Real Sociedad Española de Química, 96 (4), pp 45-53.
29. SALA L. (1994). "La sinonimia en el vocabulario de la química del siglo XIX". Proyecto de Investigación El vocabulario de la química en el siglo XIX. (PB94-0918). BARCELONA
30. STRATHERN, P. (2000). "El Sueño de Mendeleiev. De la Alquimia a la Química". Siglo XXI de España Editores. Madrid.
31. VERNET GINÉS J., (1998). "Historia de la ciencia española". ALTA FULLA. BARCELONA.