

# A TÁBOA PERIÓDICA NA QUÍMICA INORGÁNICA

**BERMEJO, MANUEL R.**  
**GONZÁLEZ-NOYA, ANA M.**  
**MANEIRO, MARCELINO**  
**PEDRIDO, ROSA**

*Departamento de Química Inorgánica  
Universidade de Santiago de Compostela*

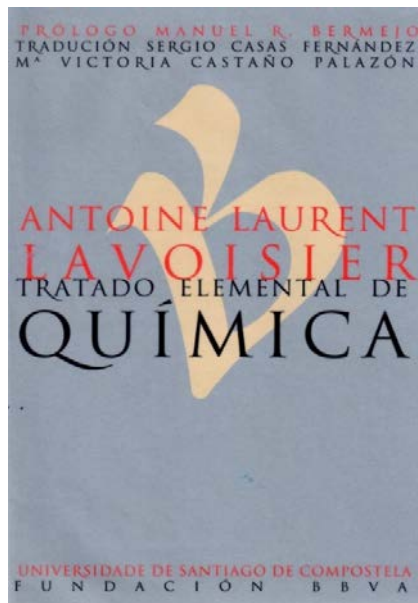
## 1. INTRODUCCIÓN

No século XVIII non había táboa periódica, pero si existía xa a Química Inorgánica, que os franceses chamaban “*Chemie Minerale*”. Ata finais do século XVIII e desde os tempos alquímicos, as químicas de todos os tempos miraban canto estaba ao seu redor e investigaban para coñecelo mellor e utilizalo na súa vida cotiá. Deste xeito foron descubrindo e utilizando os chamados metais clásicos (Au, Ag, Cu, Sn, Fe, Pb, e Hg), tamén o carbono e o xofre, e logo foron aparecendo moitos outros elementos químicos. Así ata 33 elementos, que os Lavoisier colocaron na súa *Táboa das substancias simples* do seu libro “*Tratado Elemental de Química*”, no que incluíron tamén substancias que erroneamente consideraron elementos. Incidentalmente anotaremos que, dende os filósofos clásicos (hai máis de 2300 anos) se enunciaron e se aceptaron como *Elementos-Principio*: a *Auga*, a *Terra*, o *Aire* e o *Lume*. Estes Elementos, enunciados como tales por Aristóteles, foron recuperados por Tomás de Aquino e os escolásticos para seren propagados no tempo ata chegar ao século XVIII, no que foron agrupados por G. Stahl na súa *Teoría do Floxisto*.

A finais do século XVIII (entre 1780-1789) será o matrimonio Lavoisier quen, paseniño, irá desmontando esta teoría do floxisto ao demostrar que non se trataba de elementos, senón que eran compostos integrados por varios elementos químicos distintos. Nese derradeiro terzo de século o mundo da química era un auténtico caos: estábanse descubrindo novos elementos, pero tiñase pouca seguridade de que foran auténticos e novidosos. Tiñanse preparado moitos compostos, pero cada un era chamado como lle petaba ao seu descubridor, e mesmo un mesmo composto tiña diversos nomes en función de que investigador o citaba. Existía unha teoría, a do *Floxisto*, que semellaba ser incorrecta e non seguida por todos. Non existía unha linguaxe común, coa que todos se puideran entender. Non había unha linguaxe institucionalizada, como sucedía nas matemáticas e na física, na que todos cantos as practicaban puideran expresar as súas ideas e comunicarse,...etc. En resumo, a Química non era, aínda, unha ciencia institucionalizada, como o eran as Matemáticas e a Física.

Institucionalizar a Química, convertela nunha ciencia moderna, pasaba por dar resposta e resolver as preguntas anteriormente formuladas. Digamos que os Lavoisier foron quen viñeron poñer luz neste mar de tebras; os que decidiron poñer orde neste caos existente; os que se propuxeron a creación dunha linguaxe na que todos se puideran entender; os que conseguiron ordenar todos os coñecementos químicos existentes, e mesmo sentar as normas prácticas para a obtención dos novos compostos químicos utilizando un moderno laboratorio tanto para a síntese como para análise deses novos compostos preparados.

Marie Anne Paulze e Antoine Lavoisier caeron na conta da necesidade de realizar unha revolución na linguaxe, a que hoxe se lle coñece como a *1ª Revolución da Química*: eran conscientes da necesidade de crear unha linguaxe única e común para toda a química e para todos os químicos. Ningún deles sabía como facelo, pero si coñecían aos que o podían facer. Guyton de Morveau, Claude Berthollet e Antoine Fourcroy sabían como facelo e ían constituír o equipo capaz de realizalo, dirixido por eles. No ano 1787 tiñan elaborado o famoso "*Método de Nomenclatura Química*": Lavoisier foi quen o presentou na *Académie des Sciences* de París.



**Figura 1.** Portada da tradución ao galego do "*Tratado Elemental de Química*" de A. Lavoisier.

Os Lavoisier propuxéronse a elaboración do "*Libro de Química*". Non dun libro de química máis, como moitos dos xa existentes, senón dun novo libro que recollera todo canto se sabía de química ata o momento e, así, sentar as bases para que con el e por medio del, quen quixera facer química nun laboratorio a puidera facer. Co seu libro tratábase de ensinar aos novos interesados na química, de modo que coa súa lectura e estudo puideran facer química: foran quen de aprender a aprender. O seu libro o "*Tratado Elemental de Química*" converteuse na Biblia dos químicos e chegou a converterse no fito que levou á química dende ser unha materia alquímica a se converter nunha Ciencia Moderna.<sup>1</sup>








<sup>1</sup> Na comunicación completa presentada e defendida por nós no XXXII Congreso de ENCIGA de Viveiro -Marie Anne e a Táboa Periódica, páx. 88 do Nº 88 do Boletín de Enciga- pódese ler un máis demorado análise da transcendencia de ámbolos dous libros.

## 2. BREVE HISTORIA DA TRANSCENDENCIA DA TÁBOA PERIÓDICA

Non se trata de facer unha historia de toda a xénese da Táboa Periódica, pero para relacionala coa Química Inorgánica cómpre ter unha idea de como foi aparecendo na Historia. Non xorde por xeración espontánea nin se trata da obra exclusiva dun autor, aínda que sexa Dimitri Mendeleev quen chegou a lle poñer o ramo. Trátase de explorar a incidencia da Táboa Periódica no desenvolvemento da Química Inorgánica.

Xa indicamos como os sete metais clásicos foron aparecendo ao longo do tempo, dende o ouro (fai uns 8000 anos) ata o mercurio. Ao longo dos tempos foron colocados de moi diverso modo en táboas (na táboa 1 recóllese unha composición na que relacionamos ditos metais cos seus símbolos alquímicos, cos corpos celestes coñecidos e coa denominación dos días da semana en diversas linguas).

**Táboa 1.** *Nomes e símbolos dos metais clásicos.*

Metal	Ouro (Au)	Prata (Ag)	Ferro (Fe)	Mercurio (Hg)	Estaño (Sn)	Cobre (Cu)	Chumbo (Pb)	
Símbolo								
Corpos celestes	Sol	Lúa	Marte	Mercurio	Xúpiter	Venus	Saturno	
Días	Galego	Domingo	Luns	Martes	Mércores	Xoves	Venres	Sábado
	Latín	Solis	Lunae	Martis	Mercurii	Jovis	Veneris	Saturni
	Francés	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
	Inglés	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday

Durante os seguintes 3000-4000 anos fóronse descubrindo moitos e distintos elementos químicos, pero nada se fixo con eles no referente a unha posible ordenación nunha táboa. Foi o xenio do matrimonio Lavoisier (Antoine e Marie) os que ordenaron nunha táboa, por vez primeira, e cun criterio definido, os distintos elementos químicos coñecidos ata o momento. Na súa primeira obra, o *“Tratado Elemental de Química”*, na páxina 229 da nosa tradución ao galego (ver bibliografía), presentan unha táboa na que ordenan os elementos químicos coñecidos ata o momento (unha discusión máis demorada da transcendencia desta táboa pódese ler no capítulo deste libro *“Marie Anne Paulze e a Táboa Periódica”*, redactado por algúns de nós).

Nos 80 anos comprendidos entre o ano 1879 e 1869 vanse publicando diversas táboas, pero non será ata a chegada de Mendeleev cando se publique a táboa que aínda hoxe perdura.<sup>2</sup>

## 3. A QUÍMICA INORGÁNICA LOGO DA APARICIÓN DA TÁBOA PERIÓDICA

A creación da Táboa Periódica veu ordenar os elementos químicos coñecidos e, como xa é ben sabido, Mendeleev observou a existencia dunha periodicidade no seu comportamento e a

<sup>2</sup> Unha acertada visión da historia das táboas periódicas neses 80 anos pódese ler no artigo de Ramón Cid publicado no Nº 87 do Boletín das Ciencias na páx. 21.

posibilidade de realizar predicións, non só sobre as súas propiedades físicas e químicas, senón tamén sobre a capacidade de predicir a existencia de novos elementos químicos aínda non coñecidos, e colocalos nos ocos que aparecían nesa táboa (ver eses ocos cos datos da masa atómica correspondente aos inexistentes elementos, na táboa 2).

**Táboa 2.** Táboa de Mendeleev cos ocos de elementos que predixo.

Reihen	Gruppe I. — R <sup>2</sup> O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Gruppe IV. RH <sup>4</sup> RO <sup>2</sup>	Gruppe V. RH <sup>5</sup> R <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	Gruppe VI. RH <sup>2</sup> RO <sup>3</sup>	Gruppe VII. RH R <sup>2</sup> O <sup>7</sup>	Gruppe VIII. — RO <sup>4</sup>
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	

O primeiro gran impulso que xerou a nova táboa no mundo da Química Inorgánica foi o do descubrimento de novos elementos químicos, fundamentalmente metálicos. Na táboa de Mendeleev de 1869 estaban recollidos 63 elementos químicos e durante o resto da súa vida (morreu no ano 1908) íanse descubrir 15 novos elementos: deles 9 serían elementos metálicos do grupo dos lantanoides. A segunda gran achega chegou por mor do traballo realizado neses descubrimentos, debido a que todos eses elementos metálicos se presentaban xuntos na natureza en minerarios moi semellantes, sendo moi difíciles de separar. Eses minerarios son compostos fosfatados, carbonatados, silicatados,...etc, nos que se integran todos os elementos lantanoides xuntos e reunidos, dado que teñen propiedades químicas moi semellantes. A difícil separación destes metais fixo que avanzara moito a química en disolución. Para conseguila houbo que aprender e perfeccionar diversas técnicas do laboratorio: ataque dos minerarios con ácidos ou con bases do máis variado ata a súa disolución; separación dos diversos sales formados utilizando as súas distintas solubilidades; concentración deses compostos obtidos e separados logo por distintos medios...etc, e finalmente a redución metalúrxica ata a obtención dun régulo metálico (veremos máis adiante a aparición da Química Física e as súas sinerxías coa Química Inorgánica).

Nesa época da vida de Dimitri tamén se descubriron varios dos gases nobres que non tiñan cabida na súa táboa, pois non se contaba nin coa súa presenza nin coa súa necesidade, pero alí estaban. Desde o ano 1894 (ano no que se descubriu o Ar) ata o ano 1900 (no que se descubriu o Rn) fóronse atopando o Ne, Kr e o Xe. Estes elementos gasosos fóronse descubrindo na destilación fraccionada do aire líquido: Rayleigh e Ramsay, estudando o nitróxeno, descubriron estes novos gases e os xuntaron co helio que xa era ben coñecido (o helio fora recoñecido e identificado no sol, do que deriva o seu nome) e o radon que se detectou na descomposición natural do elemento

radio. Diante da presenza destes novos elementos foi necesario reformular a táboa de Mendeleev, introducindo un novo grupo para colocalos, que foi chamado grupo 0 (ver na Táboa 3 a táboa do IES Lucus Augusti). Considerouse que os novos elementos eran inertes e, a ese novo grupo, chamóuselle o dos gases inertes, porque se pensaba que non reaccionaban con ningún outro elemento químico. Logo indicaremos que non era certa esa afirmación.

**Táboa 3.** Táboa histórica do IES Lucus Augusti (c.a. 1920), onde aparece o grupo 0.

*- Clasificación dos elementos da táboa periódica*

Na actualidade os elementos químicos clasifícanse en dous grupos: os dos metais e o dos non metais, no que se integran eses gases inertes. Esta clasificación foise facendo ao longo da historia, de modo especial logo de que Moseley establecese o concepto de número atómico, que é quen define a natureza e o comportamento dos elementos químicos.

O estudo e o comportamento dos metais foi moi importante na Química Inorgánica ao longo da historia, non só polo seu comportamento “*per se*” e pola fabricación das importantes aliaxes (lembramos os bronzes na antigüidade ou os aceiros na era industrial); senón sobre todo pola preparación de todos os seus numerosísimos compostos, de gran importancia para a sociedade. A importancia dos metais segue sendo hoxe enorme; o seu coñecemento e posterior estudo facilitaríaa a súa utilización na preparación das aliaxes modernas; a preparación de novos e importantes compostos; a aparición da Química da Coordinación; a aparición dos nanomateriais,....etc, como logo veremos.

*- A relación entre a Química Inorgánica e a Química Física*

A Táboa Periódica foi tamén a dinamizadora da aparición da Química Física na historia. A Química Inorgánica utilizaba os elementos novos, e tamén os xa coñecidos, para a preparación de novos compostos por reacción duns cos outros. A intención era a de coñecer os *porqués* (ensanchar o coñecemento, sabendo máis da natureza deses elementos e dos novos compostos preparados), e os *para qué*s (cal era a posible utilidade deses novos compostos). A Química Física veu para estudar esas novas reaccións: como facelas máis rápidas, efectivas e óptimas (aparece a Cinética

e a Termodinámica), como estudar o manexo dos gases e das disolucións (aparecerán novas leis do seu comportamento, iníciáanse os estudos ácido-base, o comportamento redox, os estudos da solubilidade, de precipitación ou de redisolución dos sales,...etc), aparecerán os estudos non só en disolución acuosa, senón noutros disolventes non acuosos,...etc.

Todas estas liñas de investigación na Química Física ían activar o estudo da síntese e da caracterización de novos e interesantes compostos inorgánicos. Así:

1º. Os estudos redox, que se iniciaban con W. Nernst, levaron a comprender o comportamento dos metais como redutores típicos e o dos non metais (halóxenos, osíxeno,...) como oxidantes. Pouco a pouco foise coñecendo e ampliando estes conceptos, de modo que se comprenderon as súas aplicacións tanto na metalurxia como na obtención de compostos en estados de oxidación superiores, ou o comportamento deses compostos nos seus distintos estados de oxidación.

2º. Os estudos en disolución acuosa permitiron ir coñecendo e comprendendo o comportamento ácido-base dos distintos compostos químicos coñecidos. Desde Arrhenius e Ostwald íanse ir desenvolvendo os conceptos ácido-base e definindo o concepto de neutralización, así como a natureza dos moi diversos sales formados. Como é ben sabido, estes conceptos iríanse desenvolvendo e completando no futuro: as ideas de Bronsted e Lowry; a aplicación deses conceptos en disolventes non acuosos; a aparición das ideas de Lewis; a ampliación dos conceptos de Lux-Flood en sales fundidos,...etc. Todo isto chegaría ata a actualidade na que existe un complexo mundo ácido-base que cómpre aclarar e definir.

3º. Os estudos da precipitación das sustancias. O concepto do produto de solubilidade, que permitiu entender cando e como poden ser precipitadas distintas sustancias, foi completado coas ideas de co-precipitación e a posible redisolución dos sales precipitados na presenza de ións selectivos.

4º. A ampliación do concepto de disolución en auga a outros disolventes non acuosos. Esta nova liña permitiu definir conceptos novos como: solubilidade, precipitación, redox, ácido-base,...etc, nestes novos disolventes.

Como se pode entender a simbiose entre a Química Inorgánica e a Química Física propiciou un enorme desenvolvemento na preparativa inorgánica. Utilizándose este novo enfoque da Química Física ao estudo dos elementos químicos do sistema periódico, púidose adiantar moito na síntese, illamento, estudo e caracterización de novos compostos inorgánicos.

*- O saber polo saber e a utilidade de novos compostos*

A Química é a ciencia dos *porqués* e dos *para qué*s. Os *porqués* leváronnos a incrementar o noso coñecemento. Como vimos de indicar, a simbiose entre a Química Inorgánica e a Química Física levou a incrementar moitísimo o coñecemento, aparecendo novas disciplinas que permitiron entender mellor a natureza dos elementos químicos e dos seus compostos. No século XIX, impulsados polo desenvolvemento da nova táboa periódica, foron desenvolvéndose novas áreas do coñecemento como a Electroquímica, a Termodinámica, a Cinética, a nova Metalurxia,...etc. Todas estas novas disciplinas foron ensanchando o noso coñecemento e fixeron soñar aos investigadores coa posibilidade da preparación de novos compostos descoñecidos. Os *para qué*s son o resultado natural dese novo coñecemento: se sei preparar novas aliaxes, novos medicamentos, mellores adubos, novos analxésicos, colorantes artificiais, anestésicos, branqueantes, antisépticos, novas e máis potentes e seguras pólvoras,...etc. debo preguntarme para que me poden servir na vida cotián? Cal será a súa utilidade? Dando respostas a estas preguntas foi como se desenvolveu a industria química que nacería ao longo da segunda metade

do século XIX, acompañando o nacemento da táboa periódica. Analicemos brevemente a utilidade dalgúns destes produtos químicos inorgánicos preparados na industria, para comprender a influencia da Táboa periódica na Química Inorgánica.

- a) A industria dos metais, non derivou só na utilidade das novas aliaxes, senón que determinou o desenvolvemento da siderurxia, de modo particular logo do ano 1856, no que Thomas Bessemer patentou o seu forno convertedor para obter aceiros de boa calidade en lingotes, partindo do arrabio. Tamén sentou as bases para o desenvolvemento da metalurxia máis moderna. Esta industria ía dinamizar o mundo do transporte, particularmente coa aparición da locomotora (ideada por Stephenson) e do barco de vapor (creado por Fulton).
- b) A fabricación industrial dos cementos. Os procedementos deseñados por Portland e Parker para a obtención de novos cementos, ían sentar as bases das novas construcións que nacerían no século XX.
- c) A mellora das industrias das cerámicas, dos refractarios e dos vidros que, nados no neolítico, sufriron unha profunda transformación nesta época como consecuencia da preparación de novos compostos con propiedades singulares. Esta transformación prodúcese como consecuencia da ordenación dos elementos químicos na nova táboa.
- d) O nacemento das novas enerxías con base mineral. A utilización dos novos carbóns e dos fueis fósiles como consecuencia do novo coñecemento científico, vaise desenvolver producindo interesantes novas enerxías.
- e) A nacente Industria Química. Como resultado do novo coñecemento científico vaise desenvolver a industria química que, centrada nos compostos inorgánicos, lévanos a citar: a aparición dos adubos inorgánicos derivados do amoníaco, dos nitratos, dos sulfatos, dos fosfatos,...etc; a industria da depuración das augas correntes depuradas con cloro; a industria do saneamento industrial e do aseo cidadán, utilizando derivados dos halóxenos; a industria dos medicamentos, utilizando bromo, iodo e produtos derivados; a síntese das novas vacinas, a aparición dos primeiros antibióticos,...etc.

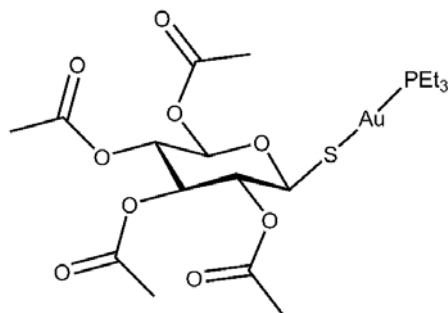
#### *- O nacemento da Química da Coordinación*

Esta potente rama da Química Inorgánica naceu a finais do século XIX como consecuencia do estudo dos procesos ácido-base entre compostos metálicos (fundamentalmente haluros) e bases orgánicas (como o amoníaco, as aminas,...etc).

Foron Werner e Jorgensen os que iniciaron este estudo, analizando a interacción en disolución acuosa entre haluros de platino e bases amoniacaís. Así conseguiron preparar compostos químicos de fórmula xeral  $X_2Pt \cdot nNH_3$  e dedicáronse ao seu estudo. Sales desta natureza foran xa preparados por Magnus 60 anos antes; pero non chegara a formularse cal era a natureza do enlace e o seu posible interese. Werner e Jorgensen traballaron duro con estes novos compostos, aos que deron o nome de “*complexos*” ou “*compostos de coordinación*” que aínda hoxe perduran. A esta rama da Química Inorgánica chámasele Química da Coordinación.

O estudo en profundidade destes novos compostos levou a Werner a facer unha proposta estrutural para os mesmos, suxerindo que a estrutura, derivaba dun átomo metálico central (o catión metálico), que estaba rodeado dos ligandos (na súa primeira esfera de coordinación), mentres que na segunda esfera de coordinación se atopaban os ións haluro. O século XX sería o do despegue da química preparativa destes compostos, permitindo comprender a súa utilidade (Figura 2).





**Figura 2.** Exemplo dun composto de coordinación de ouro, denominado comercialmente Auranofin®, empregado no tratamento da artrite reumatoide.

#### 4. A QUÍMICA INORGÁNICA E A TÁBOA PERIÓDICA NO SÉCULO XX

O nacemento da Química de Coordinación puxo aos químicos inorgánicos na pista do importante que era o coñecemento da estrutura dos novos compostos preparados. Os orgánicos tiñan resolto unha gran parte deste problema cando crearon a idea da tetraedría do carbono e, particularmente, os soños de Kekulé sobre a estrutura do benceno. O desenvolvemento da Química de Coordinación era moito máis complicado polo momento. Máis de novo a simbiose entre a Química Inorgánica e a Química Física era a que ía resolver o problema.

##### - As Técnicas de Diagnose Estructural

No primeiro terzo do século XX vanse ir desenvolvendo o que hoxe chamamos “*técnicas de diagnose estrutural*”, que ían axudar a comprender e diagnosticar a estrutura dos compostos químicos e mesmo permitir entender a súa reactividade e a súa posible aplicación.

Os Bragg, pai e fillo, inventaron a difracción de raios X. Esta técnica ía permitirnos falar coa materia inanimada e comprender como estaba construída por dentro. Mesmo íanos permitir ver como estaban colocados os átomos de cada elemento, uns arredor dos outros, e mesmo ver como era a estrutura interna dos elementos e dos compostos. Esta técnica servía para coñecer a estrutura dos compostos cristalinos e ía ser a base da aparición dun novo concepto fundamental na química: o concepto de enlace químico.

Esta técnica permitiunos coñecer e mesmo definir o modelo e o enlace de elementos e compostos xa ben coñecidos como NaCl, CsCl, C(grafito), C(diamante), SiO<sub>2</sub>, ZnS,...etc. O coñecemento destas estruturas levounos a inventar os modelos de enlace que hoxe coñecemos e que chamamos iónico, covalente e metálico. Coñecida a operatividade destes modelos, chegamos a predicir posibles modelos de enlace, e mesmo a estrutura de moitos outros compostos novos que preparáramos.

Xunto á difracción de raios X debemos citar outras técnica que apareceron naquel tempo e que hoxe son utilizadas por nós: difracción de electróns e neutróns; as espectroscopias (*UV, IR, Raman*); as resonancias,...etc. Non é momento de comentar nada delas, pero si cómpre dicir que foron a base das modernas teorías de enlace, que nos permitiron chegar a comprender a natureza dos enlaces dos novos compostos, e poder predicir a súa posible reactividade e a súa utilidade.

Como consecuencia do nacemento destas novas técnicas de diagnose as teorías de enlace continuaron o seu desenvolvemento: as teorías redox, as ideas ácido-base,...etc. Todo en conxunto contribuíu ao recoñecemento dos novos compostos preparados, e axudaron a postular a súa posible reactividade e a súa utilidade.



### - A Química Inorgánica descritiva no século XX

Ao longo da historia da química, e fundamentalmente desde a aparición, no século XIX, do libro de Foucroy “*Elements D’Histoire Naturele e de Chimie*”, esta química era completamente descritiva. Mesmo o “*Tratado*” de Lavoisier, que pretendía que os alumnos aprenderan a aprender, mantiña vivo o espírito de aprender da descritiva. O ensino descritivo era tedioso e moi aburrido, baseado en contar propiedades físicas ( $P_i$ ,  $P_e$ ,  $\rho$ , solubilidades,...etc), estruturas con ángulos e distancias de enlaces, solubilidades nos máis diversos disolventes tanto orgánicos como inorgánicos, aprender propiedades químicas de modo memorístico, como os potenciais redox e o comportamento ácido-base, a súa utilidade na vida cotián,...etc.

Os libros de Química Inorgánica no século XX eran fundamentalmente descritivos. Neses libros de ensino recollíase a química dos compostos segundo motivos diversos. Así, presentábanse para estudalos segundo as familias de elementos aos que pertencían (metais alcalinos, alcalino-térreos, metais de transición, pos-transicionais,...etc); por clases de compostos (haluros, óxidos, sulfuros, nitruros, nitratos, sulfatos, carbonatos, fosfatos, boratos,...etc) e dentro destas clasificacións atendendo a súa acidez, basicidade,...etc. Máis fora cal fora a clasificación o estudo era sempre igual: obtención dos compostos; estrutura, reactividade e utilidade.

Os títulos dos libros eran ben ilustrativos: *Os Elementos Químicos e os seus compostos* (1954); *The Heavy Transition Elements* (1975); *Química Inorgánica descritiva* (1984); *Chemistry of the Elements* (1984); *Principios de Química Inorgánica descritiva* (1987); *Materiales Inorgánicos* (1997). Un enfoque descritivo, aínda que estudando clases de elementos, o ofrecía o libro de Gutiérrez Rios “*Química Inorgánica*” (1978). Moi poucos libros fuxían deste enfoque descritivo, ofrecendo a posibilidade de estudar tópicos da química e os compostos; un exemplo é o libro de J. E. Huheey “*Inorganic chemistry: principles of structure and reactivity*” que estuda estrutura e enlace, química ácido-base, química en disolución acuosa e en disolventes non acuosos, química de coordinación e química organometálica, química nos sistemas biolóxicos, química das cadeas, dos aneis, das caixas e dos clústeres,...etc. Todo elo xogando cos conceptos e utilizando os compostos inorgánicos clásicos e modernos como exemplos, pero fuxindo dun ensino descritivo. Tamén o libro de A. F. Wells “*Química Inorgánica Estructural*” (1978) ofrece o estudo da Química Inorgánica partindo do coñecemento estrutural dos compostos. Moi orixinal é o libro de Johnson “*Some thermodynamics aspects of Inorganic Chemistry* (1982)”. Como se deduce do título, trátase dun tratamento moi químico-físico dos compostos inorgánicos.

En resumo, as explicacións da Química Inorgánica nas clases de aula eran fundamentalmente descritivas, memorísticas e aburridas. Cumpría darlle un cambio radical para poñer esa docencia ao día.

### - A Utilidade dos Materiais Inorgánicos

Como xa indicamos, a química é a ciencia dos *porqués* e dos *para qués*. Na liña de comprender mellor para que serve a Química Inorgánica veremos brevemente como a síntese de materiais inorgánicos (cementos, cerámicas, refractarios, vidros,... etc.) serviu para mellorar a calidade de vida da sociedade, conseguindo responder ao *para qué* servía a química. Seguidamente daremos dúas ideas sobre algúns destes materiais inorgánicos, para comprender a súa utilidade.

#### 1º Os Vidros

Probablemente foron fabricados hai máis de 5000 anos nalgún lugar de Siria por comerciantes que transportaban “*natron*” (un carbonato sódico moi hidratado,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) que, nun xantar, utilizaban pedras dese material como soporte para quentar a súa comida. Pode que as pedras de “*natron*” coa calor se fundiran e reaccionaran coas áreas silíceas do solo formando un novo

material moi brillante, o vidro. Os exipcios e os fenicios foron os primeiros e máximos produtores deste novo material na antigüidade e, logo das revolucións industriais, o seu uso estendeuse por todo o mundo chegando a todas as poboacións.

O vidro é un material inorgánico, amorfo, caracterizado pola súa fragilidade e transparencia. Obtense fundindo a uns 1500 °C areas de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e caliza ( $\text{CaCO}_3$ ). As variedades de vidro son enormes, dependendo da súa finalidade, e a súa utilidade social é tan grande que non cómpre insistir nela.

## 2º Os materiais Cerámicos e Refractarios

O termo cerámica deriva do grego “*Keramikos*”, que significa “*cousa queimada*” e fai referencia a que eses materiais inorgánicos xorden logo dun tratamento a temperatura elevada que se chama sinterización. As cerámicas foron preparadas polas mulleres no neolítico, cando –logo de inventar a agricultura- cumpríu gardar os excedentes dos produtos obtidos.

Os materiais cerámicos son de dous tipos: materiais cerámicos de arxila (conteñen máis do 20% de arxila no cru, ver exemplo na Figura 3) e materiais cerámicos especiais (teñen menos do 20% de arxila na súa composición ou carecen dela).



**Figura 3.** Cerámicas de Sargadelos e o seu fundador Isaac Díaz Pardo.

A transcendencia do uso de materiais cerámicos clásicos ao longo da historia é extraordinario; pero máis destaca hoxe o uso dos materiais cerámicos especiais: os óxidos cerámicos binarios ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ThO}_2$ ,  $\text{UO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ;...etc), os óxidos cerámicos mixtos (con estrutura espinela ou perovsquita), os cerámicos refractarios, os cerámicos non óxidos, os biomateriais cerámicos, os vitrocerámicos,...etc.

Uns materiais cerámicos moi importantes, baseados en óxidos mixtos, son os chamados “*materiais superconductores de alta temperatura crítica (HSTC)*”, coñecidos como *superconductores*, dos que escribiremos algo máis adiante.

Entre os materiais cerámicos especiais desenvolvidos nos últimos 30 anos debemos citar aqueles compostos con aplicacións especiais, que presentan resistencia ao choque térmico e que teñen especiais propiedades mecánicas. Algúns dos que destacan pola súa utilidade son: o carburo de silicio ( $\text{SiC}$ ), o nitruro de silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), o carburo de boro ( $\text{B}_4\text{C}$ ), o nitruro de boro ( $\text{BN}$ ), o nitruro

de aluminio (AlN),...etc. Todos eles son de gran importancia industrial e tecnolóxica, pero cómpre ter en consideración para o seu uso que non son moi estables en ambientes oxidantes.

Os materiais refractarios foron, na historia da humanidade, outro tipo especial de materiais cerámicos que se comportan como moi resistentes, sen se deteriorar a temperaturas moi elevadas (normalmente deben resistir por riba dos 1600 °C). Podemos clasificalos como:

- a) Materiais refractarios ácidos. Teñen a súa base no SiO<sub>2</sub>, cunha proporción deste de 95% e pequenas proporcións doutros óxidos básicos (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O,...etc).
- b) Materiais cerámicos neutros. Prodúcense xeralmente pola mestura de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- c) Materiais cerámicos básicos. Son fundamentalmente derivados do corindón (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), mesturado con outros óxidos máis básicos.
- d) Materiais cerámicos especiais: Utilízanse para aplicacións moi especiais, como exemplos: os ladrillos de zirconia (ZrO<sub>2</sub>), os de cromo-corindón (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), os de óxido de cromo puro (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e outros semellantes.

### 3º As aliaxes modernas

Ao longo deste capítulo xa comentamos a aparición e a utilización de certas aliaxes ao longo da historia da humanidade: os bronzes (Cu + Sn), os latóns (Cu + Zn), o cuproniquel (Cu + Ni), a prata “starling” (Ag + Cu), os aceiros (Fe + C),...etc. Nos últimos 100 anos foron moitas e importantísimas as aliaxes que se prepararon para a súa utilización tanto na industria como na vida cotián. Para comprender o seu interese debemos clasificalas como:

- a) *Aliaxes Ferrosas*. Son os xa citados aceiros e, particularmente, os aceiros especiais. Entre estes últimos debemos citar: os aceiros inoxidables, os aceiros ao volframio, os aceiros ao manganeso e o aceiro “Permalloy” (Fe + Ni), con propiedades magnéticas especiais.
- b) *Aliaxes non-ferrosas*. Entre elas as xa citadas, como útiles na historia, derivadas do cobre (bronzes, latóns,...etc), as de aluminio (*Alnico*, *Magnalio*,...etc), as do titanio,...etc.
- c) *As aliaxes máis recentes*. Derivadas de: magnesio (o *Magnalio*, Figura 4), de litio (aleado con Mg, Al, Ti, ...etc), de cinc (os latóns, os galvanizados), de chumbo (aleado con Bi, Sb, Ca, Sn,...etc).
- d) *As superaliaxes*. Citemos pola súa actualidade: o *Coltán* (Nb + Ta), o *Nitinol* (Ni + Ti), as aliaxes intermetálicas de Cr, Mo, W, Zr,...etc en diversas proporcións.
- e) *As aliaxes de Au e outros metais nobres* da mena do platino (Ag, Os, Ru, Rh, Pd, Pt) son de gran interese na xoiería e na catálise química.



**Figura 4.** Diversas pezas de Magnalio.

Como se pode ver, os químicos inorgánicos seguimos a tratar de estudar e comprender a utilidade dos distintos elementos químicos que integran o sistema periódico, sintetizando os máis variados compostos.

#### 4º *Compostos dos gases nobres*

No intento da Química Inorgánica de saber por saber durante máis de 50 anos (desde a súa preparación e ata a década de 1960), os inorgánicos se preguntaron se os gases nobres -os chamados elementos do grupo 0- eran inertes como se tiña asumido de sempre. No ano 1962, Niels Barlett chegou á conclusión teórica de que debían de dar compostos químicos definidos. Baseouse no chamado método de "*Analogía e Precedente*". Barlett meditou o seguinte: se existe o composto  $O_2PtF_6$ , derivado do dióxido de platino, e o  $O_2$  tiña o mesmo potencial de ionización do Xe, debería ser tamén estable o composto  $XeF_2$ . Soamente cumpría preparalo. Por esta razón está hoxe na historia da Química Inorgánica. Logo de moito traballo conseguiu preparar o  $XeF_2$ , abrindo a porta para a preparación de moitos outros compostos dos gases nobres. Hoxe sábese que os gases nobres non son inertes: coñécense compostos haloxenados e oxidados de xenon, cripton e argon.

De momento non sabemos aínda para que serven estes compostos, pero xa sabemos máis química sobre eles: agrandamos o noso coñecemento.

#### 5º *A química dos elementos novísimos*

Desde a década de 1940 ata a actualidade conseguíronse preparar 15 novos elementos químicos (desde N= 93 ata o N= 118), que son chamados elementos novísimos (un estudio máis demorado do descubrimento, métodos de obtención, nomenclatura, estabilidade,...etc destes elementos pódese ler noutros traballos realizados por nós e recollidos na bibliografía deste artigo). Non insistiremos máis neste tema.

Hoxe sabemos moitísimo máis do Sistema Periódico do que se coñecía na época de Mendeleev. Pero seguímonos preguntando *porqués* e seguimos atopando respostas máis ou menos parciais e/ou satisfactorias. Aínda que as máis das veces non comprendamos os *para qué*s. O certo é que a Química continuará avanzando buscando respostas a esas preguntas.

## 5. A QUÍMICA INORGÁNICA E A TÁBOA PERIÓDICA HOXE

Levamos reflexionando neste capítulo sobre como foi a evolución da aprendizaxe e a construción da Química Inorgánica dende a súa aparición como Química moderna.

Ao longo de todo o século XIX e o XX, foran aparecendo todas as disciplinas da química que foron acompañando a Química Inorgánica: a Química Orgánica, a Química Física, a Química Analítica e a Química Técnica. Todas elas ían aparecendo como compartimentos estancos con mínimas, pero necesarias, relacións entre todas elas. Mediado o século XX empezaron a caer todas cantas barreiras existían entre esas químicas, pero tamén as barreiras separadoras das outras ramas do coñecemento científico: Astronomía, Bioloxía, Xeoloxía, Física, Medicina,...etc. Foron aparecendo as áreas interdisciplinares que hoxe son novos campos do saber compartido: Astroquímica, Bioquímica, Xeoquímica, Química Forense, Química Biolóxica; Química Médica; Enxeñería Química;...etc.

Como consecuencia da caída das barreiras separadoras dentro da propia Química, apareceron tamén a Química Organometálica, a Química dos Superconductores, a Bioquímica, a Bioinorgánica, a Toxicoloxía Química; os Nanomaterias,...etc.

A chegada da táboa periódica de Mendeleev veu racionalizar a aprendizaxe da Química Inorgánica no pasado; a ordenación dos elementos químicos seguindo a orde crecente dos seus pesos atómicos serviu para amosar a periodicidade química. Esta periodicidade conduciu a Dimitri á realización de diversas predicións: a necesaria existencia de novos elementos químicos aínda descoñecidos e que debían ocupar os ocos existentes na súa táboa. Así chegou a predicir ata 10 novos elementos (o eka-boro - Sc-, o eka-alumino - Ga-, o eka-manganeso -Tc-,...etc), as súas propiedades físicas ( $P_f$ ,  $P_e$ ,  $\rho$ , peso atómico,...etc), algunhas propiedades químicas, así como o tipo de compostos a formar coa súa correspondente estequiometría,...etc.

O coñecemento e a utilización do Sistema Periódico sérvenos hoxe, 150 anos despois, do mesmo xeito e coa mesma finalidade. Podemos e debemos ensinar aos noso alumnado como deducir e como facer todo ese tipo de predicións coma se dun xogo se tratara, de modo que, o alumnado, comprrobe que a aprendizaxe non é memorística, senón dedutiva e racional.

O ensino da Química Inorgánica hoxe xa non pode ser realizado, en modo algún, como se facía no pasado: non ten sentido explicar unha descritiva ao uso, porque non se dispón de tempo para describir o comportamento de todos os elementos químicos coñecidos, e moito menos dedicar todo o tempo que compre para estudar os seus compostos. Compre cambiar o modelo de ensino.

A Táboa Periódica volve ter hoxe todo o seu sentido para ensinar a Química Inorgánica. Debe servir como pretexto para que, ao noso alumnado, se lles aprenda a aprender. Non compre estudar a química como se fixo no pasado: todo ese saber acumulado atópase nos libros clásicos e na Wikipedia. Trátase de, seleccionando algúns dos elementos químicos da táboa periódica, ensinar ao alumnado como se constrúe o coñecemento químico: ensinar a saber deducir o comportamento físico e químico de cada elemento, aprender a deducir o tipo de compostos aos que poden dar lugar (iónicos, covalentes ou metálicos), entender como debe ser a estrutura destes novos compostos e, como consecuencia, comprender cal vai ser a súa reactividade, a súa utilidade,...etc (algúns exemplos do que estamos a dicir pódense ver nun capítulo do Boletín de Enciga, Nº 87, na páx. 195).

Unha mínima mostra da influencia que a Táboa Periódica ten hoxe no desenvolvemento da Química Inorgánica actual e de canto pode acontecer no futuro, presentámolo nos seguintes apartados.

#### *- A Química dos novos Materiais Inorgánicos*

Páxinas atrás sinalamos a transcendencia que os materiais inorgánicos teñen na nosa vida cotián. Agora pretendemos mostrar a influencia da Táboa Periódica ao longo dos últimos 40 anos, en novos campos como: a aparición de novos elementos químicos, a preparación dos novos materiais inorgánicos ou a síntese dos superconductores modernos.

##### *1º A aparición dos elementos químicos chamados novísimos*

Aínda cando xa se comentou a síntese e caracterización destes novos elementos (case todos metálicos) nos últimos 80 anos, queremos insistir novamente sobre a importancia que ten para a Química a ciencia pura, o saber polo saber.

Neste século XXI sintetizáronse artificialmente 6 novos elementos químicos (desde o de  $Z=113$ , o nihonio, ata o de  $Z=118$ , o oganesson) e, na actualidade, estase a piques de obter o elemento con  $Z=119$ , que terá a configuración  $[Og] 8s^1$  e será un alcalino e o primeiro elemento do grupo con  $n=8$  !

Ata o de agora, non sabemos para que serven ningún destes novos elementos, pero...que importante é o saber! Canto valen os coñecementos!

## 2º Os Nanomateriais Inorgánicos.

O nacemento das nanociencias e das nanotecnoloxías que se produciron nos últimos 30 anos veu como consecuencia da aparición dos novos nanomateriais inorgánicos (Figura 5). Moi brevemente presentaremos tres distintos nanomateriais:<sup>3</sup>

### a) As Nanopartículas Metálicas

Estes novos materiais están constituídos por partículas metálicas (Au, Ag, Sn, TiO<sub>2</sub>, FePt,...etc) con tamaños entre 1-100 nm e que teñen un enorme potencial de aplicacións: nas tecnoloxías da información; como sensores químicos, tanto na detección de analitos e catalitos; como en bioimaxe, en medicina; no tratamento inmunolóxico; na diagnose de enfermidades e na propia terapia como liberadores de fármacos.

### b) Os Puntos Cuánticos.

Estes nanomateriais son semicondutores específicos (ZnS, ZnSe, CdS, CdSe...etc), que, polo seu tamaño, presentan propiedades cuánticas moi singulares podéndose utilizar, por esta razón, de moi variadas formas: polas súas propiedades ópticas; as magnéticas; as eléctricas; as biolóxicas; o tratamento das enfermidades; as medioambientais;...etc.



Figura 5. Representación da utilidade dos Nanomateriais.

<sup>3</sup> Un estudo máis amplo dos mesmos pódese atopar na bibliografía publicada neste artigo, correspondente a outros traballos realizados por nós para este Boletín das Ciencias.

Por citar algunhas das súas aplicacións reais de hoxe, úsanse: como sensores de luz para a diagnose do cancro; como sensores químicos na detección de enfermidades moi variadas ou de contaminantes graves ( $\text{Hg}^{2+}$ ) en cantidades insignificantes; como sistemas subministradores de medicamentos programados,...etc.

### c) Os SPIONs

SPIONs é o acrónimo de certos materiais que son “*Nanopartículas Superparamagnéticas de Óxidos de Ferro*” son compostos de fórmula  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ou  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Trátase de óxidos de ferro tipo *espinelas* que, polo seu pequeno tamaño, presentan propiedades paramagnéticas especiais correspondentes a dominios nanocúanticos. A súa utilidade é moi diversa na vida cotián: úsanse na destrución de tecidos tumorais por *Hipotermia Magnética*; como nanosensores químicos; na terapia con células nai; como transportadores de medicamentos en terapias específicas; como axentes de contraste na RMI,...etc.

### 3º Os Supercondutores modernos

Entre os materiais cerámicos baseados en óxidos mixtos xa citamos os “*materiais supercondutores de alta temperatura crítica (HSTC)*”. Estes materiais *supercondutores* son óxidos mixtos con estrutura perovskita que, a unha determinada temperatura crítica, presentan o fenómeno da supercondutividade. No ano 1986, Bednorz e Muller publicaron un traballo no que daban conta de que o material cerámico,  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ , presentaba supercondutividade a 45 °K. Na década de 1990 apareceron os  $\text{YBaCuO}_5$ . Un deles, preparado por P. Chu, o  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ , presentaba supercondutividade a 93 °K. A finais do século XX propuxéronse outros materiais tipo “*cuprato*”, como o  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ , con  $T_c = 125$  °K. O récord alcanzado ata hoxe polos chamados supercondutores de altas temperaturas, baseados en estruturas “*cuprato*”, o presenta o composto cerámico:  $\text{Hg}_{0.8}\text{Tl}_{0.2}\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$  con  $T_c = 138$  °K.

Neste mesmo ano 2019 preparouse o superconductor de máis alta temperatura ata o momento conseguido, utilizando materiais cerámicos non baseados en estruturas “*cuprato*”. Trátase do composto  $\text{ThH}_{10}$  que ten unha  $T_c$  de 161°K.

Como se pode comprobar, neste campo da supercondutividade estamos lonxe de acadar materiais supercondutores a temperatura ambiente, con  $T_c > 300^\circ\text{K}$ . Seguramente como consecuencia de que descoñecemos unha teoría de enlace que nos permita explicar tal fenómeno baseado na estrutura dos “*cupratos*”. Sabemos facer a cociña, a química preparativa, pero ao non coñecer a teoría ( o fundamento teórico do enlace) non somos quen de avanzar na dirección precisa. Compre investigación teórica que nos permita resolver estes problemas de xeito que consigamos chegar á temperatura ambiente. Outro problema pendente de resolución está no campo da obtención de fíos maleables, pois os materiais que estamos a preparar son sólidos cerámicos non maleables e compre transformalos en fíos, para podelos facer útiles.

### - A Química de Coordinación Moderna

A Química Orgánica desenvolveuse dun xeito exponencial ao longo do século XIX, namentres que a Química Inorgánica o facía linealmente. A mediados do século XX xa se coñecían centos de miles de compostos orgánicos e tan só uns poucos miles de compostos inorgánicos. A Química de coordinación, deseñada por Werner e Jorgensen, veu incrementar moi notablemente a posibilidade de obter centos de miles de compostos inorgánicos.



Indicamos xa como os compostos complexos, de estequiometría  $X_nM_yL$ , están condicionados polo átomo metálico central. Este átomo metálico pode ser un dos máis de 70 que integran o sistema periódico e, ademais, pode atoparse nun dos moi variados estados de oxidación que posúen ( $n$  pode ser 2, 3, 4, 5, 6,...). Estará rodeado polo máis variado tipo de ligandos que se nos podan ocorrer, moitos deles (compostos orgánicos coñecidos que podan ter interese terapéutico ou do máis diverso). A estequiometría pode ser do máis diversa (pode ser 2, 3, 4, 5, 6...), e dese xeito seguimos incrementando exponencialmente o número de compostos. Existe a posibilidade de isomerías do máis variado para cada unha das estequiometrías. Entendemos pois que, esta Química dos compostos de coordinación leve xerado xa moitos centos de miles de novos compostos: a inmensa maioría sen interese ou aínda descoñecido, pero outros de potencial utilización nas nosas vidas. Moitas das súas propiedades e utilidades están sendo exploradas hoxe para comprender mellor a súa utilidade na vida cotián. O mundo do futuro utilizará a química computacional para o deseño destes novos complexos, permitindo desbotar moitos dos posibles compostos a formar por ineficientes.

#### - A Química Organometálica

A sal de Zeise,  $K[PtCl_3(C_2H_4)] \cdot H_2O$ , preparada no ano 1827, pasa por ser o primeiro composto organometálico da historia e foi preparado por unha reacción a refluxo en etanol de  $PtCl_4$  e  $KCl$ . Zeise formulouno como o composto:  $KCl \cdot PtCl_2 \cdot EtOH$ . Ata o ano 1950 non se chegou a formular como un auténtico composto organometálico, no que o ligando etileno estaba enlazado ao platino por un enlace metal carbono.

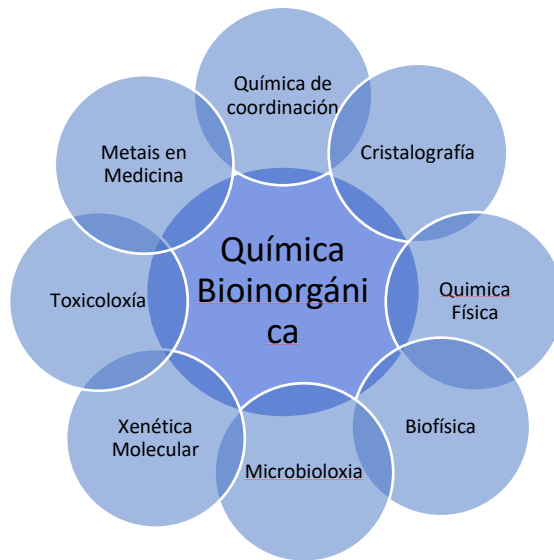
A Química Organometálica é, como o seu nome indica, unha nova disciplina a cabalo da Química Inorgánica e da Química Orgánica. Esta química prepara compostos complexos nos que de novo o metal (preferentemente de transición ou dos grupos principais), ocupa un lugar central e se atopa rodeado de ligandos (orgánicos e inorgánicos) pero sempre existe unha unión directa (cando menos un enlace sigma) entre o metal e un átomo de carbono.

Son moitísimos e moi variados os compostos organometálicos que se teñen preparado nos últimos 80 anos. O despegue desta química tivo lugar logo da segunda guerra mundial. Son dunha enorme importancia industrial como catalizadores en multitude de sínteses orgánicas de gran importancia; de novo a información computacional virá poñer orde na síntese destes novos compostos.

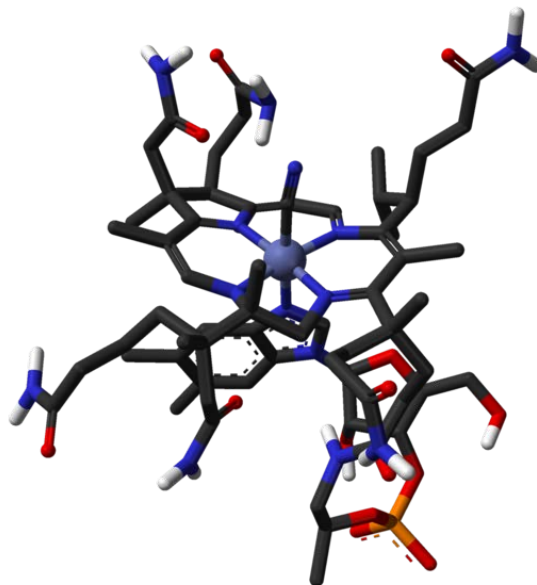
#### - A Química Bioinorgánica

Esta química deriva tamén da Química de Coordinación. Trátase dunha disciplina recente que relaciona a Química coa Bioloxía, a Física, a Medicina,..etc. (Figura 6). Unha posible maneira de definir esta nova disciplina e indicando sobre que se ocupa. A Bioinorgánica é unha parte da Química Inorgánica que estuda o papel xogado sobre a saúde dos seres vivos polos distintos elementos químicos do sistema periódico distintos do carbono.

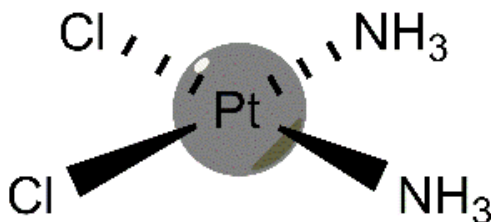
Na historia recente da Química Bioinorgánica poderíamos dicir que nace a finais do século XIX cando P. Herlich e o seu equipo prepararon o *salvarsan* e o *neosalvarsan* (compostos de arsénico) e comprobaron a súa utilidade no tratamento da sífilis. Hai moitos fitos a ter en conta na breve historia da Bioinorgánica, pero tan só citaremos tres: a determinación da estrutura da vitamina  $B_{12}$  -un complexo de cobalto- (Figura 7) resolta pola Premio Nobel de química Dorothy Crowfoot no ano 1955; a preparación dos primeiros citostáticos -complexos do cis-platino- (Figura 8) realizada polo Premio Nobel N. Rosenberg no ano 1969 e o ano 1997 no que a IUPAQ aceptou a Química Bioinorgánica coma unha nova disciplina.



**Figura 6.** Conexións da Bioinorgánica coas outras ciencias.



**Figura 7.** Estrutura da vitamina  $B_{12}$ , cianocobalamina, que é un composto de coordinación de cobalto (representado no centro en azul).



**Figura 8.** Representación do cis-platino.

Nesta nova química preocupa o papel xogado polo metal dun modo moi preferente. Así interesa estudar aqueles elementos químicos que se comportan como oligoelementos, cruciais polo tanto no desenvolvemento da vida. Tamén aqueles que son tóxicos, tratando de entender a dose da súa toxicidade. Estuda ademais os elementos químicos con importancia farmacolóxica para que podan ser utilizados na terapia das enfermidades,...etc.

Na Química Bioinorgánica estúdanse unha gran cantidade de elementos químicos integrantes do sistema periódico. O seu obxectivo é tentar sintetizar con eles moitos novos compostos químicos que podan chegar a ser cruciais para o correcto desenvolvemento da vida e, igualmente, para a síntese de novos compostos con utilidade farmacolóxica. Hai máis de 50 elementos químicos do sistema periódico de importancia neste campo; de novo a Química Computacional servirá para a selección dos novos compostos con utilidade para a vida.

A Química Bioinorgánica é unha disciplina de moita importancia no desenvolvemento de compostos químicos con interese tanto na diagnose como na terapia das enfermidades dos seres vivos.

## 6. A QUÍMICA INORGÁNICA E A TÁBOA PERIÓDICA NO FUTURO

Hoxe sabemos moitísimo máis do Sistema Periódico do que se coñecía na época de Mendeleev, pero, os químicos inorgánicos, seguímonos preguntando *porqués* e seguimos atopando respostas máis ou menos parciais e ou satisfactorias. Aínda que as máis das veces non comprendamos os *para qué*s. O certo é que a Química Inorgánica continuará avanzando buscando respostas a esas preguntas.

Non sabemos cal será o futuro da Táboa Periódica, aínda que albiscamos que seguirase a traballar na síntese de elementos con  $Z > 118$ . De momento si sabemos a ciencia certa que a síntese do elemento con  $Z = 119$  está a piques de ser obtido: atópase no crisol nuclear! Tamén estamos certos de que a partires del se prepararán moi poucos átomos!, polo que o seu interese será puramente académico e exclusivamente teórico: para saber máis sobre a táboa periódica.

Si estamos seguros de que a Química Inorgánica seguirá a medrar. Seguirá utilizando os elementos químicos xa coñecidos para obter novos compostos, e seguiremos estudando as súas aplicacións industriais e tecnolóxicas na liña de conseguir un mellor estado de benestar. Tamén seguiremos a crear novas disciplinas, como levamos facendo nos últimos 50 anos, capaces de xerar novo coñecemento. Coñecementos que nos permitirán obter novos materiais capaces de mellorar na diagnose e na terapia das enfermidades dos seres vivos.

Seguro tamén que, como levamos insistido neste capítulo, seguiremos tratando de atopar respostas ás preguntas dos *porqués* e *para qué* características da Ciencia.

## 7. REFERENCIAS

- Bermejo, M. R. e outros. (1976). Química Inorgánica: Esquema Orientativo y Cuestiones Fundamentales: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago.
- Bermejo, M. R. (1999) O Nome e o símbolo dos elementos químicos. Revista Galega do Ensino, 23, 91.
- Bermejo, M. R., González Noya, A. M. e Vázquez, M.: a) (1999). A nomenclatura química na Historia. XII Congreso de ENCIGA, 83, e referencias citadas; b) (2006). O nome e o símbolo dos elementos químicos: Ed. Xunta de Galicia, Secretaría Xeral de Política Lingüística, Centro Ramón Piñeiro para a investigación en Humanidades, Santiago de Compostela.
- Bermejo, M. R. e outros. (2009). Mendeleev. Boletín das Ciencias, 67, 129 e bibliografía citada.
- Bermejo, M. R., González Noya, A. M. e Maneiro, M. a) (2015). Que coñecemos dos elementos químicos novísimos, Boletín das Ciencias, 80, 49 e referencias citadas; b) (2018). Guía dos elementos químicos: Ed. Xunta de Galicia, Secretaría Xeral de Política lingüística, Centro Ramón Piñeiro para a investigación en Humanidades, Santiago de Compostela.
- Cotton F. A. e Wilkinson, G. (1972). Advanced Inorganic Chemistry: A comprehensive text. 3ª Ed.: John Wiley and Sons, London.
- González, A., Maneiro, M., Bermejo, M. R. e Pedrido, R. a) (2017). Como é a química dos Nanomateriais Metálicos, Boletín de Enciga, 83, 55; b) (2018). Que son as Nanopartículas Metálicas, Boletín de Enciga, 85, 11-25; c) (2020). A utilidade dos Puntos Cuánticos, Boletín de Enciga, 89, 11.
- Grenwood, N. N. e Earnshaw, A.. (1984). Chemistry of the Elements: Pergamon Press. Oxford.
- Housecroft & Sharpe. (2008). Inorganic Chemistry, 3ª ed.; Pearson Education Limited.
- Mauskopf, S. S. Elemental deductions, (2007). American Scientist, 95, 456.
- Partington, J. R. (1964). A History of chemistry: Ed. Macmillan and Co. Ltd., 4, 891.
- Román Polo, P. (2008). El profeta del orden químico: Mendeléiev; Nivola: Tres Cantos Ediciones.
- Scerri, R. R. (2007). The periodic Table: its story and its significance: Oxford University press. London.
- Serres, M. (1991). Historia de las ciencias: Cátedra. Madrid.
- Strathern, P. (2000). El sueño de Mendeleev. De la alquimia a la Química: Siglo XXI de España editores. Madrid.
- VV. AA. (2005). "La relació entre les propietats dels elements i llur pes atòmic. Mendeleiev, Dimitri Ivanovich". Classics de la química 2: Societat Catalana de Química. Barcelona.