

A QUÍMICA, A TÁBOA PERIÓDICA E O ESTADO DO BENESTAR

BERMEJO, MANOLO R.

*Departamento de Química Inorgánica
Universidade de Santiago de Compostela*

1. INTRODUCCIÓN

Nun principio foi a química, e logo chegou todo o demais.

Fai uns $13,8 \cdot 10^9$ anos, logo do *big bang*, canto había no universo que comezaba a formarse eran unas orixinarias *subpartículas* que ían permitir a estabilización do primeiro átomo do primeiro elemento químico coñecido: o hidróxeno. A química empezaba a crear o que hoxe chamamos “o universo”, previa formación nos primeiros minutos da súa vida do que sería o primeiro elemento químico coñecido.

Hai máis de 2.000 millóns de anos, sobre un planeta que hoxe chamamos Terra, todo era química: logo chegou a vida tal e coma hoxe a coñecemos. Fai uns 100 anos, o gran químico ruso Alexander Oparin, publicou un libro no que explicaba a súa teoría sobre a orixe da vida no planeta Terra: a “*abioxénese*”. Nela explica (como bo químico, astrónomo, biólogo,...que era) que a atmosfera estaba formada por unha xeira de gases (CH_4 , NH_3 , N_2 , CO ,...), ao igual que no sol, noutros planetas (Xúpiter, Marte,...) e noutros corpos celestes; que puideron dar lugar á vida tal e como hoxe nós a coñecemos. Segundo a súa teoría, dado que había C,H,N, poderíanse formar, baixo determinadas condicións químicas e físicas, as proteínas que constituirían a base da formación das células que chegarían a evolucionar para dar lugar á vida actual. O bioquímico catalán Joan Oró, no Nadal do ano 1959 (hai sesenta anos), explicou por medio dun experimento de laboratorio como puido ter lugar a formación da vida sobre o planeta Terra. Nun balón de reacción de fondo redondo colocou CH_4 , HCN , N_2 , CO ... e sometunos a altas temperaturas, radiación ultravioleta e descargas eléctricas. A reacción conduciu á formación dun aminoácido: a *adenina*, un dos ladrillos da vida.

Nós, os seres vivos, só somos química. Estritamente falando somos unha disolución acuosa que contén 59 elementos químicos da táboa periódica, máis aínda: somos esencialmente “C, O, H, N”. Eses 4 elementos químicos constitúen, eles só, o 95% do noso organismo. Somos entre o 90% de auga (cando somos fetos e estamos no líquido amniótico das nosas nais) e o 60%, cando xa imos vellos; ademais, nese disolvente universal, temos moitos dos elementos químicos do sistema periódico que, todos xuntos reaccionan e realizan, quimicamente, a nosa vida.

De todo o devandito dedúcese a transcendencia dos elementos químicos que, hoxe, constitúen a táboa periódica, esa elegante ordenación ideada por Dimitri Mendeleev fai 150 anos. Tal ordenación permitiu, como xa sabemos por moitos artigos publicados no noso Boletín Nº 87 e no presente número, que a química se manifestara como unha ciencia moderna ao longo do século XIX, chegando a producir o desenvolvemento e o despegue da sociedade moderna.

Neste capítulo pretendo facer unha reflexión, moi persoal, sobre como considero de transcendental a influencia que a Táboa Periódica exerce na química, e a influencia desta no histórico desenvolvemento da nosa sociedade, ata conseguir o Estado de Benestar que hoxe temos.

Quero tamén lembrar que a declaración da UNESCO de decembro de 2017 proclamando o ano 2019 como “*Ano Internacional da Táboa Periódica*”, non só pretendía celebrar os 150 da publicación da táboa periódica de Mendeleev, e outras moitas efemérides, senón tamén subliñar neste ano “*as achegas das ciencias experimentais (física e química) ao desenvolvemento sostible*”. Esta proclama da UNESCO mándanos, ao profesorado das ciencias actuais e, de modo particular aos químicos, a dicirlle á sociedade actual quen somos, canto de bo ten a nosa profesión e canto de importante é, hoxe, para resolver os problemas existentes.

En congresos anteriores de ENCIGA, e en numerosos artigos publicados no noso Boletín das Ciencias (ver bibliografía), o noso grupo de divulgación científica CienciaNosa, veu dando conta da actualidade de temas tan diversos como: as Nanopartículas Metálicas; os Puntos Cuánticos; os SPIONs;...etc. En todos eses temas poñiamos de manifesto a importancia que teñen os Nanomateriais químicos tanto no desenvolvemento como no mantemento do estado do Benestar.

Neste capítulo pretendo insistir sobre o feito de como a química contribúe ao desenvolvemento dun mundo sostible; que verdadeiramente, a química, non é a ciencia que degrada o noso planeta, senón que se encarga de desenvolver e manter a vida, conseguindo o estado de Benestar da mesma. A partires deste ano deberíamos dedicarnos, os profesionais da química, a reivindicar a importancia que, esta disciplina, está xogando na sociedade actual: sendo a determinante do estado do Benestar. Sen a química, hoxe, non saberíamos vivir. Desde que nos levantamos pola mañá ata que nos deitamos, toda a nosa vida está condicionada e determinada pola química e sen ela non poderíamos nin saberíamos facer nada.

É certo que a actividade química é “*per se*” contaminante; pero nin máis nin menos que toda actividade humana: mais cómpre engadir que tamén é certo que somos os químicos os que sabemos como controlar os efectos desa contaminación. A resolución dos problemas da contaminación química é tan só un problema económico, con cartos podemos minimizar os efectos da contaminación derivada da actuación química.

O interese deste capítulo é o de reflexionar sobre o Sistema Periódico, tratando de entender como, este, condicionou o pasado, ordena o presente e desenvolverá o futuro da química, sempre coa excelsa decisión de transformar a sociedade conducíndoa ao máis alto grao de Benestar.

2. A QUÍMICA É FEMININA

Si, a química é feminina. Ao longo da historia da humanidade, desde a aparición do *homo sapiens*, a ciencia en xeral, e a química en particular, foi unha invención feminina. Para ser máis preciso a ciencia e a tecnoloxía tiveron que ser unha invención realizada, no principio dos tempos, polos tolleitos, polos nenos e polas mulleres da tribo: todos eles eran os que tiñan *tempo, repouso, espazo e tranquilidade* para inventar, cultivar e desenvolver tanto a ciencia como a tecnoloxía.

Durante os primeiros millóns de anos de vida da nosa especie sobre o noso planeta, os varóns, dedicábanse exclusivamente á guerra (cumpría que defenderan o seu territorio), á caza (debían atender á mantenza da tribo) e á procreación (a especie necesitaba para sobrevivir medrar en número). A invención da ciencia e da tecnoloxía tivo que desenvolverse da man dos, hoxe chamados “*improdutivos*”, é dicir:

-As mulleres que se ocupaban de: recoller froitas e plantas (para preparar tisanas, medicinas, unguentos,...etc.); elaborar e conservar os alimentos da tribo; coidar dos enfermos; transmitir aos nenos os coñecementos adquiridos,...e inventar.

-Os nenos que se dedicaban a: aprender; xogar;...e inventar.

-Os vellos e os tolleitos que, se non producían a tribo non os podía manter, necesitaban inventar: ser produtivos para a tribo.

Como vemos, os “*improdutivos*”, eran os únicos que podían crear e inventar todos cantos utensilios e ideas foron a orixe do noso coñecemento actual. Lembremos algunhas desas importantísimas creacións: utensilios do máis variado (as ferramentas, a roda, as armas,...etc.); o fogo, a cociña e a preparación de alimentos,...etc.; a agricultura, a gandería, a olería,... cando se fixeron sedentarios; a transformación e conservación dos alimentos excedentarios como os zumes, o viño, a cervexa, as conservas,...etc.; a metalurxia; a transmisión dos coñecementos;...etc. etc. etc. Como se pode ver foron os creadores dos coñecementos esenciais da historia da humanidade.

A química foi feminina ata a época dos gregos. Estes apropiáronse do coñecemento nas súas *Academias* e impediron a entrada das mulleres nelas; tan só os pitagóricos llo permitiron. Mais aínda que as mulleres foron excluídas dos saberes institucionalizados, elas, continuaron practicando os seus saberes experimentais e transmitindo entre elas eses saberes anterros. Desde esa época, e ata o século XX, as mulleres tiveron vedado o acceso ao saber universitario e mesmo foron acusadas de bruxas pola práctica dos seus saberes.

Hoxe, as mulleres, teñen todo o dereito ao saber e, a química, volve ser feminina; aínda que se lles teña marxinado dos honores: moi poucas mulleres teñen acadado o Premio Nobel; hai moi pouca presenza de mulleres no sistema periódico; son moi poucos os elementos químicos con nome feminino,...etc. Mais na actualidade as mulleres volven estar na química.

As mulleres foron durante millóns de anos de historia da humanidade as creadoras da ciencia, da tecnoloxía e da transmisión dos coñecementos: as iniciadoras do estado do benestar. Logo, durante 2.300 anos foron excluídas do saber institucional, e, agora, volven estar incorporadas ao desenvolvemento do coñecemento para conseguir as melloras sociais que tanto necesita a sociedade actual.

3. A QUÍMICA E A TÁBOA PERIÓDICA NO DESENVOLVEMENTO DO ESTADO DO BENESTAR

A química vense facendo desde a orixe dos tempos, pero sofre un desenvolvemento exponencial desde comezos do século XIX. Foi Lavoisier, a fins do século XVIII, quen sentou os alicerces para transformar a alquimia nunha ciencia moderna: as súas enormes achegas no mundo da investigación; a publicación do “*Método de Nomenclatura Química*”; e sobre todo a edición do seu “*Tratado Elemental de Química*”, foron as bases da creación da química como unha ciencia moderna e determinaron o desenvolvemento científico e tecnolóxico ao longo dos séculos XIX e XX.

Posteriormente a creación da Táboa Periódica, fai 150 anos por D. Mendeleev, foi o segundo gran fito que ía afianzar a 1ª gran revolución na química e que determinaría a posta en marcha do actual Estado de Benestar.

O Estado do Benestar poderíamolo entender como: aquel que permite o desenvolvemento equilibrado da poboación, o que consegue que vivimos moitos anos, e que nos leva a ter unha gran calidade de vida. No cronograma da figura 1 representamos, ao longo de moitos séculos de historia da humanidade, canta poboación vivía e cal era a súa expectativa de vida.

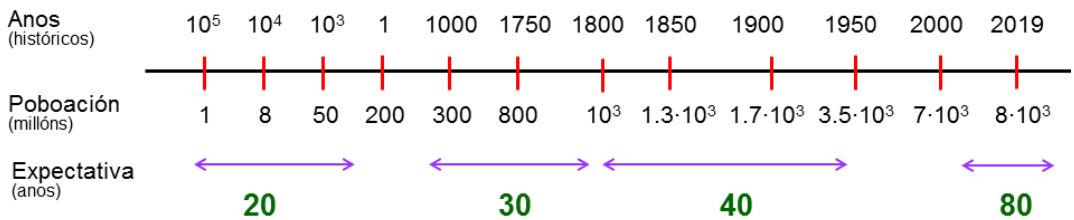


Figura 1. Cronograma do Estado do Benestar.

Se nos centramos na análise dos últimos 200 anos debemos sinalar que: aos inicios do s. XIX vivían sobre $1,7 \cdot 10^3$ millóns de persoas namentres hoxe viven uns $8 \cdot 10^3$ millóns; e se as expectativas de vida eran antes de 40 anos hoxe son de 80. Que pasou para que se produciran eses cambios? Houbo algún feito transcendental na historia da humanidade? **Apareceu a química e desenvolveuse a tecnoloxía.**

Fagamos un pequeno apuntamento histórico. No ano 1806, Thomas Malthus, publicaba un libro “*An Essay on the principles of population*”, no que postulaba un funesto futuro para a humanidade. Constatava que a produción de alimentos medraba linealmente, namentres que a poboación o facía exponencialmente; concluía que, ante esta situación, se aproximaba o desastre da sociedade: produciríanse grandes *hambrunas* que chegarían a aniquilar a sociedade. Estas mortes por fame soamente se poderían evitar: mediante guerras, que diezmarían as poboacións, ou cun estrito control da natalidade. De calquera xeito, dicía, a sociedade actual (a do s. XIX) non tiña futuro, estaba chamada á desaparición: hoxe podemos comprobar que foi un mal agoreiro. Que sucedeu? Estaba errado Malthus nas súas conclusións? Houbo algún acontecemento especial? Pasou que chegou a química para producir ordenadamente o desenvolvemento da ciencia e da tecnoloxía ata conseguir o estado do benestar actual. Como chegou a producirse ese desenvolvemento?

Xa escribimos con anterioridade como, a química, creou a vida. Debemos engadir que, a química, explica tamén como se desenvolve a vida: dado que toda a vida son procesos químicos, por exemplo os alimentos se metabolizan nos organismos vivos para acumularse, como enerxía, que se emprega no funcionamento dos diversos órganos producindo o desenvolvemento da vida.

Rematemos dicindo que, a química, transforma toda a vida coñecida e o seu entorno. No que segue expoñerei algúns dos fitos principais que tiveron lugar tanto no século XIX como no XX, que nos permitirán comprender como, a química, determinou, determina e determinará o desenvolvemento do estado de benestar. Non serei exhaustivo pero expoñerei algúns dos fitos que tiveron lugar na segunda metade do s. XIX e principios do s. XX e fareino dun xeito moi resumido, pero de modo que se entenda.

-A invención dos *Aubos*. A utilización dos *Fertilizantes* orgánicos e inorgánicos determinou que, as terras de cultivo, se fixeran moito máis produtivas. Desde que Liebig inventou os fertilizantes os cambios que se introduciron na agricultura foron enormes e conseguíronse máis e mellores colleitas. Isto determinou cambios na alimentación da sociedade: púidose alimentar moita máis xente, con máis cantidade de alimentos, e con mellor calidade nos produtos. Este desenvolvemento da química veu minimizar as mortes por *hambrunas* e evitouse a necesidade de guerras. Na actualidade, grazas ao desenvolvemento da industria dos fertilizantes, prodúcense alimentos en cantidade dabondo como para abastecer a toda a poboación da terra. Mágoa ter que constatar que, producindo máis alimentos dos que a sociedade actual necesita, estes, están moi mal repartidos entre as nacións e, por elo, segue a haber fame no mundo.

-A Química da *Hixiene* e das *Desinfeccións*. A síntese de novos produtos químicos (Cl_2 , Br_2 , I_2 , ClO_2 ,...etc.) axudaron no tratamento das augas residuais e de consumo, de modo que se acadaron augas de gran calidade; ao mesmo tempo, con este concepto, conseguiuuse que se lograra a asepsia nas intervencións cirúrxicas. Todo iso evitou as tremendas infeccións que se producían ata ese momento e, así, desapareceron: as disenterías; as febres pauperais; os contaxios das enfermidades nas propias operacións debido a que, os cirurxiáns, non se lavaban as mans ao operar, facían en roupa da rúa;...etc. Como consecuencia desapareceron as mortes a idades temperáns (nos partos) e as infeccións, dado que hoxe se controlan, moi doadamente, cunha boa hixiene e coa axuda dos desinfectantes.

-A invención da *Anestesia*. A síntese do éter e do cloroformo, no s. XIX, e a dos anestésicos modernos no século XX, permitiron o control da dor e conseguiron que se puideran facer as operacións cirúrxicas con moita máis tranquilidade e durante moito máis tempo: as operacións fixéronse indoloras e moito máis seguras. Estas invencións dos novos produtos químicos permitirían alongar a vida dos pacientes, que padeceran moita menos dor e que se acadara unha mellor calidade de vida.



Figura 2. Gravado da anestesia de Antonio Casares, co cloroformo por el sintetizado.

-O desenvolvemento da *Siderurxia*, das novas *Metalurxias*, das novas *Aliaxes*,...etc. Estes novos descubrimentos no mundo da química levaron á preparación de novos materiais de múltiples usos que permitiron un enorme desenvolvemento social en múltiples campos: o transporte (locomotora, barcos de vapor, avións,...); a industria pesada (de gran importancia na minería, na construción, na obra civil,...etc.); no ocio; nas tecnoloxías da información;...etc.

-A Industria *Farmacéutica*. Desde a súa creación no s. XIX, e ata a actualidade, esta industria química permitiu a obtención de montóns de produtos capaces de controlar e erradicar moitas das enfermidades coñecidas, combatendo os virus, as bacterias,...etc. Así é como foron aparecendo, no mercado da saúde, os medicamentos máis variados: as vacinas; as sulfamidas; os antipiréticos; os antibióticos; os citostáticos; os antiinflamatorios; os antiartríticos;...etc. Todo este arsenal de produtos químicos, empregados na guerra contra das enfermidades, conseguiron controlala e, deste xeito, alargar a vida da poboación e conseguir unha mellor calidade de vida.

Esta breve exposición dalgúns dos moitos avances conseguidos polo desenvolvemento da química, apoiada na aparición e no desenvolvemento da táboa periódica, permitíronnos comprender o cronograma da Figura 1. A química permite que podamos ser máis os habitantes do planeta e que cada vez vivamos máis e mellor. A consecución de máis e mellores alimentos, o desenvolvemento industrial, farmacéutico e tecnolóxico,...etc. estanos a permitir vivir máis anos e cunha calidade de vida moito mellor. O prezo que estamos a pagar é a contaminación; pero este problema será considerado máis adiante.

4. O SISTEMA PERIÓDICO E A QUÍMICA NO FUTURO DA HUMANIDADE

O sistema periódico é o instrumento que hoxe utilizamos o profesorado de química para ensinar ao noso alumnado a química. É unha fenomenal ferramenta para que, os nosos alumnos e alumnas, aprendan como se constrúe o pensamento químico e como se diseña a preparación de cantos produtos químicos son imprescindibles para o desenvolvemento da sociedade. O profesorado de química ten que deseñar habilidades didácticas para conseguir que o noso alumnado, desde as idades máis temperáns, se ilusione na súa aprendizaxe de modo que cheguen a entusiasmarse co seu coñecemento e, así dun xeito moi sinxelo, cheguen a soñar co deseño da nova química.

O profesorado debemos transformarnos, na aula, nos magos capaces de ilusionar ao noso alumnado, para que aprenda a usar a táboa periódica, hoxe Sistema Periódico, de modo que, comprendendo o que este representa, sexan quen de construír a química do futuro.

No que sigue indicarei algúns campos do presente da química, que serán obxecto do traballo do noso alumnado no futuro. Podería ter escollido moitas outras áreas de coñecemento; pero seleccionei tan só algúns deles para non alargar en demasía o artigo.

A modo de exemplo dos moitos campos de investigación e de interese para a sociedade actual nos que traballa a química citaremos: as novas enerxías; os novos materiais; a contaminación química; a catálise química; a comprensión da biodiversidade e a súa implicación na vida; a nova química e as ciencias da saúde; a química dos biomateriais; a química no mundo da alimentación; etc., etc., etc. Eliximos a seguir algúns destes campos para ver a súa transcendencia.

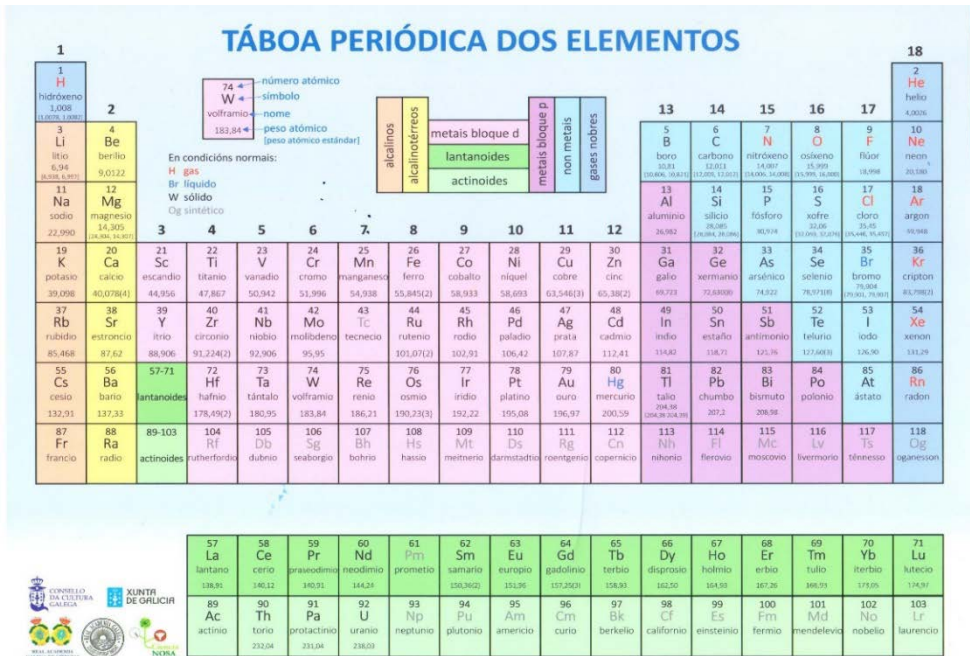


Figura 3. Táboa periódica actual dos elementos químicos.

A química no mundo da enerxía

O mundo de hoxe non sabe vivir sen enerxía e, no futuro seremos aínda máis dependentes dela. Cando falamos de enerxía estámonos a referir á electricidade, por ser a enerxía máis común nas nosas vidas; mais esta electricidade non se produce de xeito espontáneo, cómpre a utilización de moi diversas formas de materiais enerxéticos para o seu proceso de obtención: é neses procesos de obtención onde xoga un papel predominante a química.

Na actualidade a enerxía eléctrica prodúcese, de modo predominante, por un proceso químico que consiste na combustión de materiais fósiles, que xeran unha enorme cantidade de enerxía (normalmente na forma de vapor) que é transportado a unhas turbinas que moven as álabes duns rotores –conectados a uns xeradores- que producirán a corrente eléctrica que se conecta á rede xeral (ver Figura 4). Este proceso químico é contaminante.

Hoxe en Europa o 70% da enerxía eléctrica que se produce é derivada da combustión de materiais fósiles (carbón, petróleo e gas); un 15% provén de combustible nuclear e tan só o restante 15% provén das enerxías renovables (hidráulica, eólica, termosolar, fotovoltaica, xeotérmica, mareomotriz,...etc). Como se pode ver a xeración de electricidade é, basicamente, un proceso químico moi contaminante (ver Figura5), que dalgún xeito teremos que controlar ou minimizar, mediante novos procesos químicos.

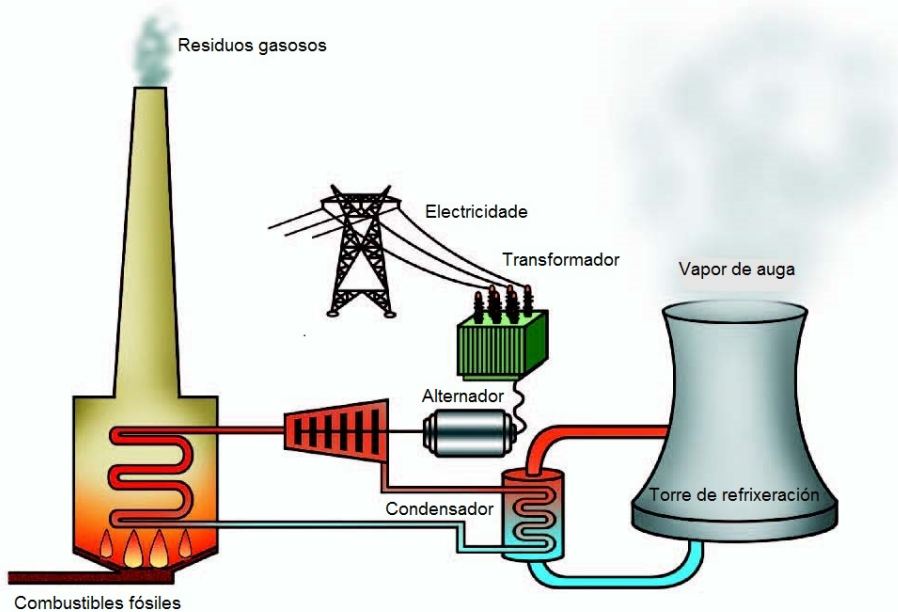


Figura 4. Producción de enerxía eléctrica utilizando combustible fósiles.

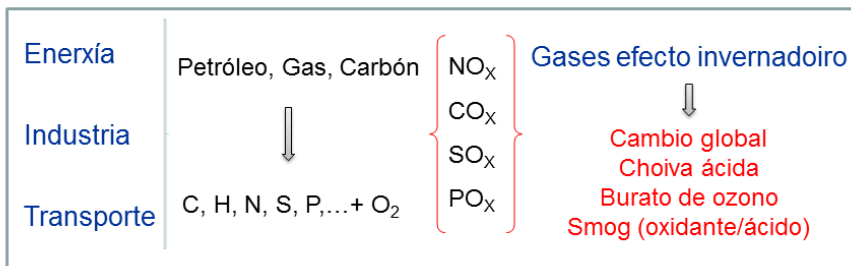


Figura 5. A contaminación derivada da produción de enerxía eléctrica.

Vexamos de que modo podemos tratar de minimizar esa contaminación, producida na obtención de electricidade. Na figura 5 indícase como se produce a contaminación, logo da combustión dos combustibles fósiles. Estes combustibles conteñen C, N, H, S, P,...etc. que, ao queimarse con O_2 , producen moita enerxía; pero xeran como refugallos CO_x , NO_x , SO_x , PO_x ,...etc., que son os contaminantes que integran os chamados gases do efecto “*invernadoiro*”. Estes gases producen, como efectos nocivos: cambio e quecemento global; choiva ácida; burato na capa do ozono; ...etc. Aparecida a contaminación vexamos como, hoxe, nos estamos a enfrontar os químicos con este grave problema:

1º Que entendemos por contaminación química

Para entender o concepto de contaminación química digamos que, esta, pode definirse como a variación drástica, por exceso ou por defecto, da concentración dunha dada sustancia nun determinado medio. Así, utilizando como exemplo o ozono (O_3), un gas que é compoñente da troposfera e da estratosfera, veremos como se entende o que é a contaminación. É contaminación

un incremento considerable deste gas na troposfera, que orixina: asma, problemas respiratorios, efectos pulmonares;...etc., que mesmo poden chegar a producir a morte. Tamén é contaminación o defecto do O₃ na estratosfera, produce o chamado burato da capa do ozono, que ao non controlar as radiacións, UV e outras, que proveñen do espazo exterior produce: glaucoma, cancro de pel, quecemento global, enfermidades inmunolóxicas,...etc.

Avantemos un pouco máis, no coñecemento da contaminación, estudando a utilización do elemento químico chamado cloro: un produto químico indispensable na vida cotián e singular no seu comportamento social.

O gas cloro é denominado o “Xano” (o deus bifronte da mitoloxía romana) da química, posto que da a vida e tamén a quita.

Como se ve na figura 6, o cloro e os seus compostos son indispensables na vida moderna: na depuración de todo tipo de augas; na hixiene e na desinfección; na obtención de todo tipo de fibras e plásticos; na construción;...etc. Pero tamén é moi tóxico e contaminante: non se pode respirar, pois destrúe os tecidos respiratorios e pulmonares provocando enfisemas e a morte; xera moitos refugallos, sobre todo os plásticos, que integran os chamados *Refugallos Sólidos Urbanos (RSU)* de enorme impacto contaminante no medio ambiente; os seus compostos na atmosfera (Cl₂, ClO, ClO_x,...) provocan e acentúan o chamado burato de ozono, ao ser capaces de reaccionar co O₃ na estratosfera e destruír a capa do ozono.

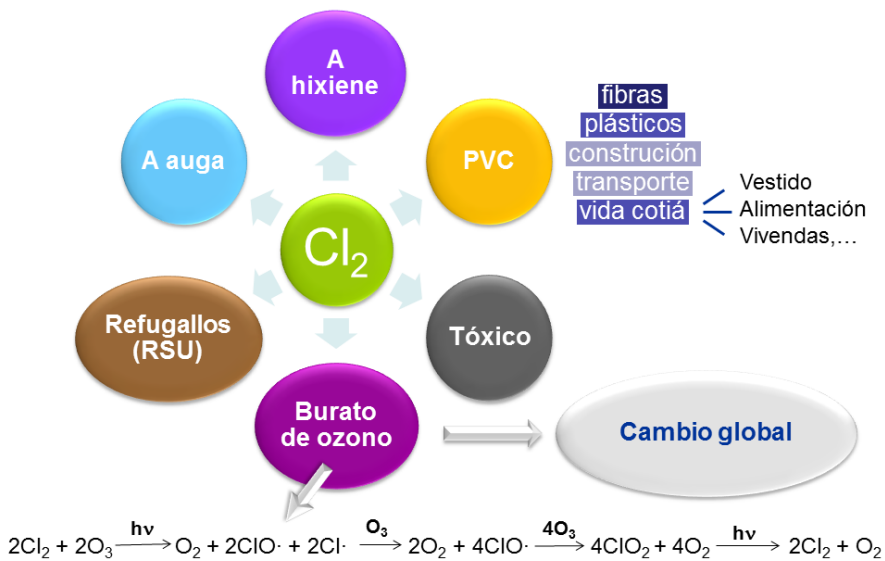


Figura 6. O comportamento do gas cloro: a súa utilidade e a súa toxicidade.

2ª O control da contaminación química

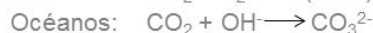
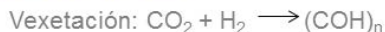
Vaia por diante que, os químicos, contaminamos con todas as nosas actividades industriais; pero facémolo como case todas as actividades humanas e, tamén debemos deixar constancia, que somos quen de minimizar ou mesmo eliminar tales contaminantes. O problema da contaminación é tan só un problema económico: os químicos temos medios para neutralizar a contaminación; pero, ás veces, estes medios son custosos e a sociedade capitalista prefire contaminar a gastar os cartos que cumpre no seu control. Trátase, no capitalismo, de abaratar

custos para conseguir o máximo beneficio. Cómpre engadir que, ademais, a investigación pode transformar eses produtos contaminantes en produtos de novo valor engadido. Vexamos cun exemplo como se pode comprender canto levo indicado.

3º A posible transformación dos contaminantes

Volvendo ao tema da contaminación xerada na produción de electricidade, por combustión de materiais fósiles, recollemos na figura 7 posibles formas de control/transformación dos gases desa combustión. Centrándonos no caso do CO₂, podemos ver, na figura 7, como se pode controlar/transformar a súa marcha á atmosfera. Nesa figura indicamos como se pode capturar o CO₂. Indícanse os tipos de sumidoiros deste gas. Os sumidoiros naturais (vexetación e océanos) estanse esgotando; pois os mares e océanos están case cheos deste gas polo que se está a incrementar moito a súa acidez, producindo unha seria contaminación dese medio. Cumpre pois proceder, temporalmente, ao chamado “secuestro do carbón branco” (como se indica na figura 7). O ulterior proceso, na contaminación deste CO₂, será a redución catalítica, dese carbón branco, para transformalo en metanol, metanal, ácido metanoico,...etc., outros produtos químicos de crecente interese na industria.

a. Sumidoiros de CO₂



b. O secuestro do Carbón branco

Capturalo e centralalo
Transportalo (Ceoductos)
Fixación e Almacenaxe

c. A Redución Catalítica

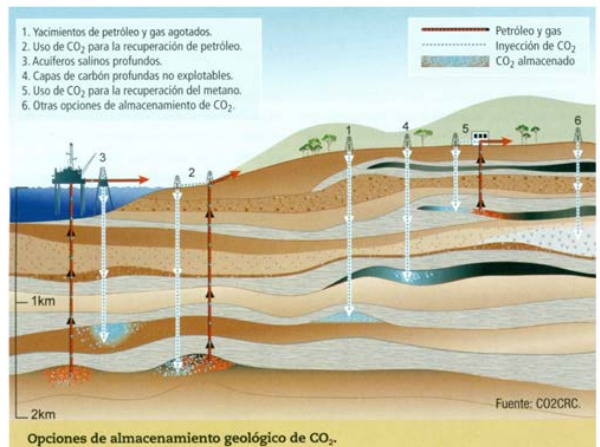


Figura 7. Métodos de control/transformación do CO₂ xerado na atmosfera.

Este proceso de investigación, para realizar a redución catalítica do CO₂, debe seguir implementándose; así como os procesos de desulfuración e desnitrificación (transformación dos NO_x e SO_x, contaminantes atmosféricos, noutros produtos de interese na industria -NH₃, NO₃⁻, S_x, SO₄²⁻,...etc.-).

4º As fontes de enerxía do futuro

Neste mundo da produción de enerxía eléctrica, cumpre dicir que non se pode saltar da situación actual, xeración de enerxía con fontes contaminantes, a un futuro sen contaminación: necesitamos dun proceso ponte. Tal proceso ponte obríganos a traballar, nos vindeiros anos, cun *mixing* de combustibles enerxéticos variable: partimos da situación do subministro enerxético actual (fósiles+nuclear+alternativas) a unha nova situación na que se minimice -ata a súa eliminación- o uso dos combustibles fósiles e dos nucleares e se maximicen as fontes enerxéticas alternativas actuais (hidráulica, eólica, biomasa, termosolar, fotovoltaica, xeotérmica, mareomotriz, fisión nuclear,...etc.) así como as que están por chegar. Afondemos un chisco máis sobre o estado dalgunhas destas fontes de enerxías alternativas.

Dado que as hidráulicas non se poden mellorar en Europa e, en España, están case esgotadas por se atopar explotadas ao máximo, cumpre mellorar, incrementar e potenciar ao máximo o uso das restantes.

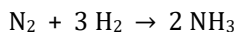
- a) *Energías eólica e biomasa.* Pódese mellorar moito o seu uso, conseguindo un importante incremento de enerxía eléctrica producida. A biomasa está moi pouco desenvolvida e as eólicas pódense incrementar, aínda, tanto a súa potencia instalada como a cantidade de muíños a instalar.
- b) *Energías solares.* Tanto as centrais termosolares como as fotovoltaicas son unha gran solución enerxética para o futuro inmediato. A técnica está xa case a punto, cumpre apostar pola investigación e investir na súa implantación, sobre todo en países con tantas horas de insolación como é o caso de España.
- c) *Energías de orixe Mareomotriz e Xeotérmica:* Representan outros tipos de enerxías alternativas, xa en experimentación e parte en funcionamento, pero que cumpre apostar por incrementar a súa investigación e o seu aproveitamento industrial.
- d) *A Fotosíntese artificial.* Trátase de facer operativo, a nivel de produción enerxética, o que as plantas realizan na súa función fotosintética: transformar a radiación solar en combustible, H₂, previa descomposición da auga nos seus elementos integrantes.
- e) *A Fusión nuclear.* É a réplica do que fai o sol no seu cruxol nuclear: transformar átomos de hidróxeno en helio e, aproveitar a enerxía que se libera no proceso. Esta técnica está, aínda, lonxe de se poder utilizar practicamente, pero si se fará nos vindeiros anos, aproveitando os enormes superaceleradores de partículas que están en construción.

A Química na Alimentación do futuro

Sinalamos xa como a creación dos fertilizantes representou un salto cualitativo, na alimentación da humanidade e no desenvolvemento da sociedade desde o século XIX. No futuro cumpre dar un salto máis forte, pois non podemos seguir a contaminar os nosos ríos e os mares cos adubos que estamos a utilizar: os nitratos que usamos arreo está xerando un grave problema de *eutrofización*. Como resolver o tema de eliminar esa contaminación e, ao tempo, producir máis e mellores colleitas para conseguir mellores alimentos? A resposta reside en actuar como o fai a natureza: adubar sen contaminar, replicar o que fan os rizomas das leguminosas.

As leguminosas fixan o N₂ atmosférico e transfórmano en NH₃, utilizando o H₂ que obteñen pola fotosíntese da auga, este será o proceso que cumpre realizar para o adubado do futuro.

Trátase de replicar o que chamamos en química o proceso Haber-Bosch, pero sen utilizar o necesario catalizador actual.



Trátase de realizar o proceso de adubado das terras dun xeito totalmente natural e sen empregar o catalizador do proceso químico actual, que obriga a traballar en condicións industriais moi drásticas. Ata o momento non se conseguiron catalizadores abondo eficientes como para producir a síntese do amoníaco dun xeito suave; pero séguese a traballar nestas investigacións, tratando de replicar mimeticamente o que fan as plantas: búscase un catalizador que lle permita ás plantas fixar o N₂ atmosférico en condicións ambientais.

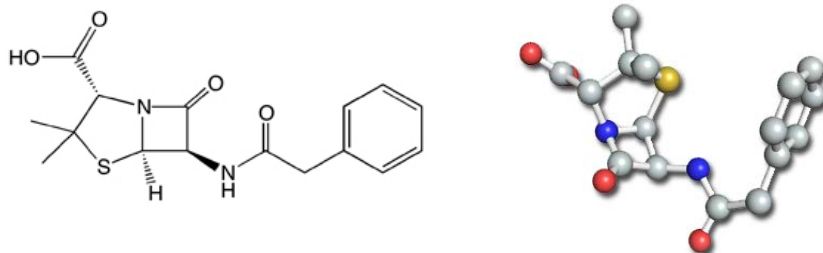


Figura 9. Estrutura da penicilina resolta por Dorothy Crowfoot Hodgkin.

1ª Creación de vacinas intelixentes. Desde que no ano 1798, Edward Jenner, acuñou o termo “*variolae vaccinae*”, para a súa vacina contra a virola, tense adiantado moito (lembramos os traballos de Pasteur, no século XIX, e as vacinas específicas desenvolvidas no século XX neste campo); pero aínda hoxe, as vacinacións, teñen só efecto profiláctico e utilízanse cando se detectan os axentes patóxenos creadores das infeccións víricas (gripes diversas, malaria, ébola,...etc.). Queremos dicir que seguimos tratando as infeccións víricas con conceptos decimonónicos; aínda non estamos en condicións de utilizar vacinas intelixentes (que muden con máis facilidade que o fan os xermes patóxenos). Estase traballando neste campo e, a OMS (Organización Mundial da Saúde), ten proclamado que contamos con vacinas capaces de controlar ata 25 infeccións víricas distintas; pero, aínda, carecemos dunha vacina única e universal: cumpre chegar á síntese de vacinas intelixentes.

A química terá que atopar medicamentos novos ou algún tipo de proceso capaz de controlar e vencer estas insidiosas infeccións.

2ª Síntese de fármacos de nova xeración. Cumpre a síntese de novos fármacos moito máis eficientes e menos tóxicos, tanto na terapia das enfermidades como na súa diagnose, para favorecer a detección e o tratamento desas enfermidades actuais. Estes novos fármacos químicos han actuar de forma rápida, precisa e non invasiva.

Estamos na necesidade de sintetizar medicamentos de nova xeración, así:

- a) Seguimos a utilizar antibióticos (fármacos para combater as máis diversas bacterias) como na época de Pasteur, Florey e Chain –desde as penicilinas, ata as amoxicilinas, pasando polas tetraciclinas, cefalosporinas,...etc.-, pero pouco se ten adiantado no concepto deses antibióticos. Na actualidade cumpre dar un salto cualitativo no concepto, síntese e uso axeitado dos antibióticos.
- b) No campo das sulfamidas, ocorre outro tanto: estamos á espera da síntese de novos produtos químicos máis eficientes que os actuais.
- c) No máis moderno campo dos citostáticos avanzouse moito, desde que Rosenberg os anunciou e se comezaron a utilizar na década dos 70; pero cumpre atopar novos compostos químicos, máis eficientes e menos tóxicos, na loita contra o cancro.
- d) Estase traballando na síntese de sangue artificial, para paliar a súa carencia, e tamén na obtención de transportadores biolóxicos de osíxeno.
- e) A preparación de biomateriais inorgánicos compatibles (baseados na utilización dos hidrofosfatos), será útil na solución das roturas óseas e na rexeneración dos tecidos danados en accidentes.
- f) A utilización das células nai e de novos fármacos será crucial na solución dos problemas de tipo inmunolóxico.

Todas estas achegas da química, e moitas outras que aparecerán no futuro, son moi importantes na solución dos problemas da saúde e contribuirán á mellora do estado do benestar. Mais temos un concepto por resolver, para adiantar máis nestas achegas: resolver o concepto de *Enfermidade*.

Hoxe coñecemos moitos aspectos parciais da etiloxía dalgunhas das enfermidades e atopámonos en condicións de paliar os seus efectos; pero, en conxunto, descoñecemos por qué se produce a enfermidade nos seres vivos. Non sabemos, aínda, como preguntarlle aos organismos vivos como ten lugar a enfermidade e, consecuentemente, non sabemos, aínda, como pensar no deseño dos medicamentos precisos para eliminar cada unha desas enfermidades diferentes.

5. A NECESARIA REVOLUCIÓN QUÍMICA

Neste artigo fomos presentando diversos temas de investigación actuais que plantexan preguntas que necesitan de respostas. Como realizan as plantas a función clorofílica, para poder, nós, realizar a fotosíntese artificial? Como sintetizan os rizomas das leguminosas o NH_3 , previa fixación e rotura do N_2 da atmosfera, para aprender, nós, como facer o preciso e correcto adubado das terras sen contaminalas? Como e por que se produce a enfermidade nos organismos vivos, para poder aprender a combatela e chegar a vivir máis e mellor? ...Como?,... como?,...

En definitiva carecemos dunha linguaxe capaz de permitirnós a comunicación cos organismos vivos.

Na historia da química tivemos, ata o de hoxe, dúas grandes revolucións e ambas de linguaxe. Nunha primeira aprendemos a falar entre nós da nosa ciencia: foron Lavoisier, Guyton, Berholet e Fourcroy os que idearon un "*Método de Nomenclatura*" que serviu para que, todos os químicos, utilizáramos unha lingua común que nos permitiu entendernos e chegar a facer a primeira revolución que nos levou ao desenvolvemento químico do século XIX. No século XX aprendemos a falar coa materia inanimada: inventamos as técnicas de diagnose estrutural (difraccións, espectroscopias, resonancias,...etc.). Estas técnicas permitíronnos falar coas rochas, minerais, plantas,...etc. para preguntarlles como estaban constituídas por dentro. Como consecuencia chegamos a inventar uns modelos de enlace que, non só explicaban a constitución da materia, senón que con eles chegamos a predicir a estrutura e as propiedades de hipotéticos novos compostos: deste xeito, a química, pegou un salto enorme na síntese de novos compostos que, hoxe, estamos a utilizar. Esas técnicas permitíronnos, tamén, coñecer como está constituído o mundo vexetal e animal, de modo que mesmo chegamos a poder diagnosticar as enfermidades; pero como xa indicamos diagnosticamos e coñecemos algo da etiloxía das enfermidades, pero, aínda, descoñecemos o que é a enfermidade.

Hoxe estamos onde estamos, como se leva sinalado, pero cumpre dar un novo salto cualitativo: necesitamos dunha **3ª Revolución na Química**.

Necesitamos no mundo da ciencia:

-Cambios teóricos, unha nova linguaxe clara e precisa que nos permita facer unificacións que axuden a avanzar no coñecemento moito máis rápido: unificación nas teorías do enlace; unificación nas teorías ácido base; unificacións nas teorías de campos; unificación na comprensión da supercondutividade;...etc. Todas estas unificacións hannonos permitir avanzar nas explicacións destes conceptos aos nosos alumnos de modo que, o noso alumnado, aprenda o máis axiña posible estas ideas e poda pasar o máis rápido posible a facer ciencia.

-Cumpre aprender a falar coa natureza para, que coñecendo como realiza os seus importantísimos procesos químicos, sexamos quen de replicalos: como fai a fotosíntese, para

realizar nós a fotosíntese artificial; como sintetiza as proteínas, por medio do NH₃, para poder aprender nós a sintetizar os adubos; como, como,...etc.

-Necesitamos aprender a falar co corpo humano e animal, para entender como se producen e evolucionan as enfermidades e, así, coñecendo o concepto de enfermidade, estar en condicións de enfrontarnos a elas e vencelas.

Todo o devandito lévanos a pular pola necesidade de realizar unha nova revolución na química. Como educadores que somos estamos na obrigación de inflamar o espírito e as mentes dos nosos alumnos para conseguir que se transformen nos novos revolucionarios que a nosa sociedade necesita.

Para **CANDO? QUEN? COMO?**

6. REFERENCIAS

VV.AA. (2019). *Boletín das Ciencias*, nº 87.

González Noya, A., Pintos Barral, X. e Bermejo Patiño, M. R. (2017). En *XXX Congreso de ENCIGA* (Allariz), nº 84, 75-76.

Bermejo, M. R. (1999). O nome e o símbolo dos elementos químicos. *Revista Galega do Ensino*, 23, 91-111.

Bermejo, M. R. et al. (1976). *Química Inorgánica: Esquema Orientativo y Cuestiones Fundamentales*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Santiago.

Bermejo, M. R. et al. (2009). Mendeleev. *Boletín das Ciencias*, Nº 67, 129-141 e bibliografía citada.

Bermejo, M. R. et al. (1999). A nomenclatura química na Historia. En *XII Congreso de ENCIGA* (Gondomar), *Boletín das Ciencias*, nº 40, 83-86 e referencias citadas.

Bermejo, M. R. et al. (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., González Noya, A. e Maneiro, M. (2015). Que coñecemos dos elementos químicos novísimos. *Boletín das Ciencias*, Nº 80, 49-65 e referencias citadas.

Bermejo, M. R., González Noya, A. e Maneiro, M. (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.

Bermejo, M. R. (2013). As mulleres Científicas: esas descoñecidas da historia, en *Reflexións e Testemuñas. As mulleres nas artes e nas ciencias*. Universidade da Coruña.

Brenni, Vito J. (1984). *The Art and history of book printing: a topical bibliography*. Connecticut: Greenwood Press.

Cotton F. A e Wilkinson, G. (1972). "Advanced Inorganic Chemistry: A comprehensive text", 3ª Ed. John Wiley and Sons, London.

De Frenza, L. *Ritratto di signora: la scienza al femminile nell'iconografia tra sette e ottocento*. *Revista Internacional de Culturas & Literaturas*.

Fara, P. (2005). *Scientists Anonymous: Great stories of women in science*. Wizard Books, U.R.

- Ford, B. J. (1993). *Images of Science: a History of Scientific Illustration*; Oxford University Press: New York.
- González, A. et al. (2000). A outra historia da ciencia: a alteridade. En *XIII Congreso de Enciga (Noia)*, *Boletín das Ciencias*, nº 44, 211-216.
- González Noya, A. M., Maneiro Maneiro, M., Pedrido Castiñeiras, R. e Bermejo Patiño, M. R. (2017). Como é a química dos nanomateriais metálicos. *Boletín das Ciencias*, 83, 55-68.
- González, A., Maneiro, M., Bermejo, M. R. e Pedrido, R. (2018). Que son as Nanopartículas Metálicas. *Boletín das Ciencias*, 85, 11-25.
- González, A., Maneiro, M., Bermejo, M. R. e Pedrido, R. (2020). A utilidade dos Puntos Cuánticos. *Boletín das Ciencias*, Nº 89 (no prelo).
- Grenwood, N. N. e Earnshaw, A. (1984). *Chemistry of the Elements*. Pergamon Press. Oxford.
- Holmes, F. L. (1985). *Lavoisier and the Chemistry of life: an exploration of the scientific creativity*. The University of Wisconsin Press.
- Housecroft, C. E. e Sharpe, A. G. (2008). *Inorganic Chemistry*. 3ª ed., Pearson Education Limited.
- Lavoisier, A. L. (2009). *Tratado Elemental de Química*. Prólogo, M. R. Bermejo; tradución, S. Casas Fernández y M. V. Castaño Palazón. Madrid: Fundación BBVA; Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela, Servizo de publicacións e Intercambio Científico.
- Mauskopf, S. S. (2007). Elemental deductions. *American Scientist*, 95, 456.
- Millar, D. et al. (1996). *The Cambridge Dictionary of scientists*. Ed. Cambridge University Press.
- Millar, D., Millar, I., Millar, J. E., Millar, M. (1994). *Diccionario básico de científicos*. Tecnos, Madrid.
- Miller, J. (1990). Women in chemistry. En *Women in science*. Kass, Indiana University Press.
- Partington, J. R. (1964). *A History of chemistry*. Ed. Macmillan and Co., Ltd., vol. 4, 891.
- Pellón González, I. (2002). *Un químico ilustrado: Lavoisier*. Nivola libros y ediciones. Madrid.
- Román Polo, P. (2008). *El profeta del orden químico: Mendeléiev*. Nivola: Tres Cantos Ed.
- Schiebinger, L. (1991). The Mind Has No Sex? Women in the Origins of Modern Science. *The American Historical Review*, Vol. 96, No. 5 .
- Solsona, N. (1997). *Mujeres científicas de todos los tiempos*. Talasa, Madrid.
- 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.
- Mendeléiev, D. I. (2005). *La relació entre les propietats dels elements i llur pes atòmic*. Traducido por J. M. Llinás, L. Victori. Clàssics de la Química 2. Societat Catalana de Química. Barcelona.