

MENDELEEV E O XÉNERO

**M^a JOSÉ ROMERO, ROSA PEDRIDO,
ANA M. GONZÁLEZ-NOYA,
MANUEL R. BERMEJO, CARMEN ROMERO,
LUCÍA GONZÁLEZ-LOURO, MIGUEL MARTÍNEZ,**
Universidade de Santiago de Compostela;
M. INÉS GARCÍA-SELJO
IES Monte Castelo (Burela)

1.- INTRODUCCIÓN

O desenvolvemento científico/tecnolóxico actual non é froito da casualidade. Debemos ser conscientes de que os descubrimentos acadados ata este momento non se fixeron nunha determinada época da historia, que a Ciencia non ten xénero e que é máis un construto colectivo que o resultado de aportacións individuais.

Ó longo da historia da humanidade podemos atopar exemplos que amosan o papel que desempeñou a muller na ciencia.^{1, 2, 3, 4} Xa desde a idade antiga as mulleres participaron no desenrolo da ciencia aportando os seus descubrimentos científicos, aínda que os seus nomes non se deron a coñecer tanto como no caso dos homes e o seu traballo foi desprezado ou silenciado na maioría dos casos.^{5, 6}

No ano 2007 celebrouse o centenario da morte do gran químico Dimitri Ivánovich Mendeleev (1834-1907). El foi o primeiro en establecer unha periodicidade nas propiedades dos elementos químicos descubertos ata aquel momento, intuír a súa agrupación en familias e postular a necesaria aparición de novos elementos que ocuparían os ocios que existían. Desde ese momento moitas das súas predicións foron corroboradas ata chegar a establecerse o sistema periódico actual, con 117 elementos xa descubertos.⁷

O presente capítulo “*Mendeleev e o xénero*” ten como finalidade, aproveitando o centenario do pasamento de Dimitri Mendeleev, poñer de manifesto a presenza da muller na Ciencia, na Química e, particularmente, no Sistema Periódico. Como non podía ser doutro xeito, as mulleres tamén participaron e participan no descubrimento dos elementos químicos. Mais, como é de grande a contribución feminina neste campo? A resposta é clara: a presenza é moi minoritaria; pero razóns de tipo histórico e cultural poden explicar tal situación.

En recoñecemento á súa labor presentarase neste capítulo cales foron as contribucións das mulleres ó sistema periódico. Porque a pesar de que a maioría dos elementos descubertos foron contribución masculina, non debemos esquecer que tamén existe unha contribución feminina. Sinalaremos finalmente que os últimos elementos descubertos, os transuránidos e de modo particular os de $Z > 106$, son o resultado de traballos colectivos de moitísimos investigadores onde as mulleres son maioría.

2.- DIMITRI MENDELEEV E O XÉNERO

No século XIX a muller estaba ausente por completo das aulas universitarias. Algunhas mulleres, máis ousadas, continuaban a facer de *Ilustradas* e de “*Salonnières*”, continuando os costumes iniciados no século XVIII; pero a case ningunha se lle pasaba pola cabeza asistir á universidade e conseguir un título universitario.

É tamén certo que algunhas mulleres se acercaron ó mundo da ciencia, de modo particular a aqueles campos do saber científico que se podía cultivar desde os seus fogares e que non cumpría facer ostentación do cultivo da ciencia. Sinalemos tamén que hai moitas científicas, aínda hoxe descoñecidas, que cómpre ir sacando á luz, investigando sobre elas e recuperando os seus escritos e traballos.

Esta era a situación xeral en Europa e, de modo particular, na Rusia de Dimitri Mendeleev. Moi probablemente no século XIX, en Rusia, a moi poucas mulleres se lles ocorrería ir á Universidade e moito menos a unha Facultade como a de Ciencias a adquirir coñecementos e un título en Química. Esta situación, asumida pola muller da época, era o resultado do ninguneo e do desprezo intelectual que os homes da época sentían por elas.

Dimitri Mendeleev foi un espírito moi libre e particular en todas as súas actuacións; quizais por elo, ou tal vez por convencemento, non compartiu as ideas do seu tempo sobre as mulleres: endexamais as desprezou senón que máis ben adoptaba o que, hoxe diríamos, unha actitude de defensa da igualdade de xénero.

É certo que nunca chegou a crer na completa igualdade intelectual dos homes e das mulleres – Dimitri era un home afectado das crenzas e das contradicións da súa época – pero a pesar de todo, defendeu ás mulleres.

Mendeleev sempre pensou, e defendeu, que homes e mulleres debían ser tratados en pé de igualdade, tanto no traballo como na consideración social, e que as mulleres deberían ter as mesmas oportunidades educativas que os homes. Este convencemento ideolóxico creoulle moitos e serios problemas por actuar en coherencia. Así:

- Permitted que as mulleres asistiran ás súas clases da Universidade, aínda coñecendo que era ilegal e que non tiña validez académica algunha para elas. O máis grave foi a animadversión que, tal acto, motivou no colectivo de profesores da súa Universidade e de outras da Rusia da época. O corpo docente ruso manifestouse contrario ó comportamento de Dimitri e así llo fixeron saber. Como contrapartida algúns outros compañeiros e amigos del – particularmente os discípulos do gran químico ruso Zenin, con Borodin á cabeza – solidarizáronse con el e permitiron que as mulleres asistiran ás súas clases.
- Pelexou e conseguiu que nos traballos oficiais onde el tivo responsabilidade a consideración das mulleres fora de igualdade. No ano 1893 Dimitri foi nomeado director da *Oficina de Pesas e Medidas* de Rusia, para tratar de institucionalizar o sistema decimal en todas as Rusias. Neste cargo tomou a decisión de, oficialmente, empregar a tantas mulleres como homes e deixou constancia por escrito de que “*as mulleres traballan máis e mellor que os homes, pero sobre todo son máis responsables*”.

Como é ben sabido Mendeleev abandonou a súa cátedra de Química da Universidade de San Petersburgo no ano 1890 –tiña tan só 56 anos– por enfrontarse ó Ministro de Educación de Rusia na defensa das ideas do movemento estudantil da época. Incorporouse á actividade privada dirixindo varias industrias e montando algunha industria no campo co seu peculiar particular.

- Nos traballos da industria que el dirixiu, ou nos que participou como asesor, conseguiu sempre que se admitiran a traballar ás mulleres e que foran tratadas tanto en consideración como en emolumentos, en igualdade cos homes.
- Nas industrias e cooperativas que montou cos seus cartos estableceu que debían traballar tantas mulleres como homes en todos os postos de traballo que existían. As súas ideas socialistas levárono a fomentar e desenvolver o cooperativismo en todas cantas empresas montaba: sempre lle deu ás mulleres a mesma capacidade para participar e para dirixir que ós homes.

Tendo coñecemento da preocupación amosada por Mendeleev sobre as mulleres, parecía importante explorar na súa Táboa Periódica como está tratado e como se atopa representado o xénero feminino.

Ó longo deste capítulo amosárase, coma unha homenaxe máis ó aniversario de Mendeleev, en que modo está presente o feminino no Sistema Periódico dos elementos. Pretendemos expor que a muller está presente na Táboa Periódica de varios xeitos: directamente, como descubridora dalgúns elementos químicos; indirectamente, aportando o seu nome a outros elementos; ou en recoñecemento da súa contribución ó achado de novos elementos químicos. O traballo realizado polas que foron descubridoras non foi sinxelo: moitos dos elementos descubertos eran sintéticos ou de difícil illamento; a maioría deles eran inestables e radioactivos, o que dificultaba o seu manexo e implicaba riscos moi graves para a súa saúde.

3.- AS MULLERES NA CIENCIA E NA QUÍMICA

As mulleres sempre se sentiron atraídas polo coñecemento científico. Na idade antiga, a precedente da ciencia foi a filosofía natural e escolas filosóficas como a platónica ou a pitagórica admitían ás mulleres (Aglaonike, Aspasia de Mileto,....etc). Nesta época poderíamos destacar a Hipatia de Alexandría (s. IV d. C) que ademais de filósofa foi unha recoñecida astrónoma e matemática.

A medicina e a sanación foron consideradas artes femininas pero non foron as únicas tarefas que levaron a cabo: descubriron e sementaron herbas curativas, desenrolaron técnicas para a preparación de licores fermentados, elaboraban cosméticos, xabóns, perfumes, etc. As mulleres tamén practicaron a alquimia, antecedente da química, desde o seu nacemento. Pero as bases teóricas e prácticas da alquimia débense a María a Xudea, considerada a primeira muller alquimista. Viviu en Alexandría entre os séculos I e II d. C e atribúeselle a invención de aparellos de laboratorio para a destilación (alambiques de dous e tres brazos, denominados *dibikos* e *tribikos*) empregados inicialmente para extraer aceites esenciais de plantas, así como do *Kerotakis*. Estes son considerados como o seu maior aporte á alquimia occidental, facilitando que esta se transformase na química moderna.

a)



b)



Figura 1: a) María A Xudea ou A Profetisa (Alexandría, s. II d. C), b) Hipatia (Alexandría, s. IV d.C).

Durante a Idade Media, tamén chamada “*idade escura*”, viviuse un período de decadencia xeral por todo o Occidente, incluso no ámbito da ciencia. O clima de escurantismo afectaba en especial ás mulleres, a maioría das cales só tiñan como opción a vida monástica para acceder ó coñecemento científico. Aparecen algunhas escolas, como a Escola Médica de Salerno, nas que as mulleres podían atopar saída para os seus intereses científicos, sendo moitas as “*mulleres salernitanas*” formadas en dita escola. Deste xeito, ata o século XV aparecen nomes de mulleres na medicina (Agnodice, Hildegarda de Bingen, Trótula de Salerno,...., etc), pero é máis difícil coñecer as súas contribucións noutros ámbitos da ciencia.

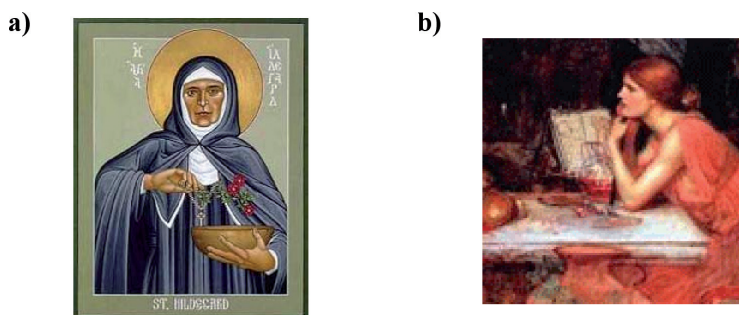


Figura 2: a) S. Hildegarda de Bingen (Alemania, 1098-1179), b) Trótula de Salerno (Italia, s. XI d. C).

Co Renacemento aumentou a participación das mulleres na ciencia, pero a súa incorporación é singular logo da Revolución Científica, xa que empezaron a desenrolar a súa actividade en tódolos campos do saber. Destacaron nos séculos XVII e XVIII as *Salonnières* e as *Academiciennes* ou damas da ciencia, mulleres intelectuais da aristocracia que formaban parte dos círculos ou reunións científicas. Aínda así se lles denegaba a súa participación nas Academias das Ciencias, feito que aínda perdurou ata ben entrado o século XX. Nesta época, as mulleres comezaron a escribir obras de divulgación científica, destacando no campo da química Marie Meurdrac (s. XVII) (“*La Chymie charitable et facile en faveur des dames*”, 1666) e Jane Marcet (1769-1858) (“*Conversations on Chemistry*”, 1806).

Outras dúas mulleres que contribuíron á química experimental foron Elizabeth Fulhame (s. XVIII) e Marie Anne Paulze Lavoisier (1758-1836). Elizabeth Fulhame foi autora do libro “*An Essay on Combustion*” en 1794 no que reflexa os seus experimentos sobre reaccións de oxidación, proponendo a idea de *catálise*. Marie Anne Paulze Lavoisier, muller de Antoine Lavoisier, foi colaboradora e asistente do seu home no laboratorio, realizou complicados e precisos debuxos dos aparatos utilizados nos experimentos para a obra “*Traité élémentaire de chemie*” e encargouse de difundir a investigación do seu home despois da súa morte.⁸

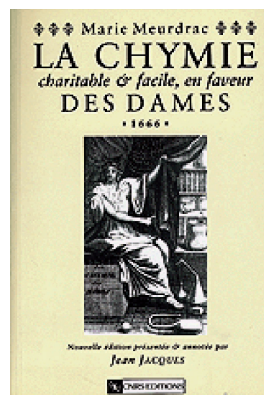
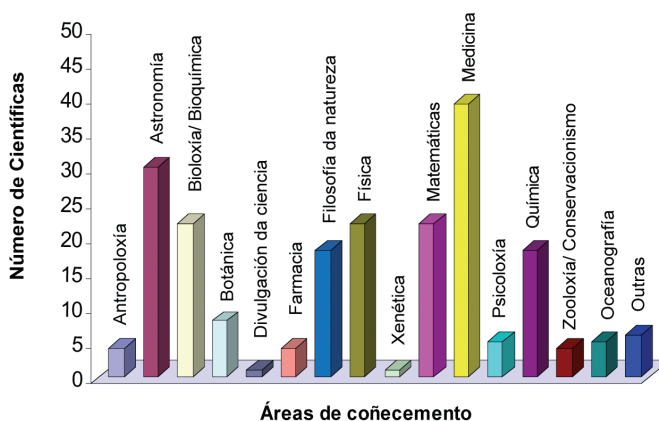


Figura 3: Portada de “*La Chymie charitable et facile en faveur des dames*”.

Ó longo dos séculos XVII e XVIII vanse elaborando as ciencias modernas: Astronomía, Física, Matemáticas, Química, Botánica,...., etc, sendo cada vez maior a participación das

mulleres nas mesmas ata chegar á época actual. A partir do século XIX, destacan no campo da Química ou da Química-Física algúns nomes como o de María Sklodowska (Marie Curie), Irene Joliot-Curie, Ida Eva Tacke, Marguerite Catherine Perey, Dorothy Crawfoot Hodgkin, ...,etc, sendo a maior parte delas descubridoras de novos elementos químicos.

Se facemos unha recompilación de cantas mulleres aportaron os seus coñecementos á ciencia ó longo da historia, desde a idade antiga (~2000 a. C.) ata a idade contemporánea (s. XX), atopámonos cun número considerable de científicas. A Gráfica 1 amosa unha clasificación por áreas de coñecemento, desde as máis clásicas ata as máis recentes, extraendo os datos do banco de científicas que está a elaborar o noso grupo de traballo.⁹



Gráfica 1: Participación das mulleres nas distintas áreas de coñecemento.

Esta gráfica deixa constancia de que a participación feminina é maior naquelas áreas científicas que se levan desenrolando desde a antigüidade: a astronomía e a medicina en maior medida, seguidas das matemáticas, química, física, bioloxía e filosofía da natureza.

4.- AS MULLERES NO SISTEMA PERIÓDICO

Tal como se comentou en apartados anteriores, algunhas mulleres aportaron o seu traballo na área da Química contribuíndo a completar o Sistema Periódico dos elementos proposto por Mendeleev. Neste apartado introduciranse os elementos descubertos por elas, facendo mención das propiedades e aplicacións máis interesantes dos mesmos. Ademais, presentaranse aqueles elementos que foron dedicados a mulleres científicas e aqueles elementos que posúen nomes relacionados con mulleres ou que semellan ser femininos.

Na Táboa periódica atópanse cinco elementos descubertos por mulleres (o polonio, o radio, o radón, o renio e o francio). Imos ver como foron descubertos, quen foron as descubridoras e o difícil ou imposible que foi para algunhas das científicas obter o recoñecemento que merecían.

Tamén figuran dous elementos dedicados a mulleres con nome oficialmente aceptado (o curio e o meitnerio) e un nome aínda non aceptado oficialmente (“*joliotio*”), dos cales farase unha revisión. Ademais non debemos esquecer que existen outros elementos químicos con nome de muller que fan referencia á mitoloxía ou ós astros: o fósforo, o vanadio, o selenio, o niobio, o paladio, o telurio e o cerio. Sobre estes elementos recóllese máis información no libro “*O nome e o símbolo dos elementos químicos*”¹⁰ e na bibliografía citada.^{11, 12, 13}

4.a) Elementos descubertos por mulleres

O polonio, o radio e o radón

O *polonio* e o *radio* foron descubertos por Marie e Pierre Curie no ano 1898 cando estudaban a radioactividade da pechblenda, un mineral de uranio. Eles foron os primeiros en detectar a formación de *radón* como produto da desintegración radioactiva do *radio*.

O *polonio* (Po) ten de número atómico $Z=84$ e déronlle o seu nome en honor a Polonia, a terra natal de Marie Curie. O *radio* (Ra) posúe número atómico $Z=88$. Este elemento é luminescente (da unha cor azul pálida), propiedade que lle da o nome, do latín *radius* (raio). O *radón* (Rn) é un elemento químico radioactivo que pertence ó grupo dos gases nobres e posúe número atómico $Z=86$. Inicialmente, recibiu o nome de *nitón* do latín *nitens* (brillante) pero posteriormente denominouse *radón* por derivar do *radio* e ser un gas nobre.

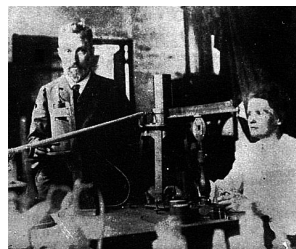


Figura 4: Marie e Pierre Curie.

a)



b)



Figura 5: a) polonio, b) radio.

María Skłodowska, científica de orixe polaco máis coñecida polo apelido do seu marido Pierre Curie, descubriu con el o *polonio*, o *radio* e o *radón* (1898), e os seus estudos sobre a radioactividade valéronlles a concesión do Premio Nobel de Física en 1903. Marie Curie foi a primeira muller que obtivo tal galardón. En 1906 Pierre Curie morreu de accidente e María continuou cos seus traballos, ademais de asumir a cátedra do seu marido na Universidade da Sorbona, sendo a primeira muller nese posto nos 650 anos da vida desa universidade.

En 1910 demostrou que se podía obter un gramo de *radio* puro. Ó ano seguinte recibiu o Premio Nobel de Química en recoñecemento dos seus servizos no avance da Química polo descubrimento dos elementos *radio* e *polonio*, o illamento do *radio* e o estudo da natureza e os compostos deste elemento. Cunha actitude desinteresada, non patentou o proceso de illamento do *radio*, deixándoo aberto á investigación de toda a comunidade científica. Coñecidos os efectos perniciosos da radioactividade do *radio*, a súa morte achácase á manipulación deste elemento.

Aínda que o *polonio* é un elemento de procedencia natural, non é moi abundante, xa que só está presente nos



Figura 6: Marie Skłodowska Curie (1867-1934).

minerais de uranio natural a razón de 100 microgramos por tonelada. É un metal brando, volátil, con propiedades físicas que recordan ás do talio, o chumbo ou o bismuto, e con propiedades químicas moi similares ás do telurio e do bismuto. O *polonio* é un elemento moi tóxico, radioactivo e de perigoso manexo. Ten ó redor de 50 isótopos inestables, sendo o máis perigoso o ^{210}Po , extremadamente tóxico e radioactivo. Incluso en cantidades de microgramos, o manexo do ^{210}Po é moi perigoso e require de equipamento especial utilizado baixo estritos procedementos de seguridade.

O *radio* atópase en trazas nas minas de uranio. É o metal alcalinotérreo máis pesado; a súa cor é branca brillante pero ennegrece coa exposición ó aire, ademais de corromperse coa auga para dar o hidróxido de *radio*. É extremadamente radioactivo e o seu isótopo máis estable, ^{226}Ra , transmuta dando radón. Foi deste xeito que os Curie tomaran contacto co *radón* no ano 1898; pero no ano 1900 Friedrich E. Dorn sería quen o estudaría.

O *radón* é un elemento radioactivo que se presenta na natureza como ^{222}Rn , sendo este o isótopo máis estable e abundante. Na súa forma gasosa é incoloro e inodoro mentres que no estado sólido a baixas temperaturas posúe unha cor vermella. O gas atópase na codia terrestre, desde a cal se libera a atmosfera por fendas terrestres. A inhalación radioactiva do gas fai que as partículas emitidas queden retidas no interior do organismo e provocan patoloxías diversas, dependendo a súa gravidade da cantidade de gas inhalado. Está demostrado que a exposición a grandes cantidades provoca un aumento da incidencia de cancro de pulmón.

En canto ás súas aplicacións máis interesantes, o ^{210}Po é un excelente emisor de partículas α e a elevada potencia calórica que se desprende dun gramo deste isótopo, 130 vatios, fixo que se usara como fonte lixeira de calor para dar enerxía ás células termoelectricas de algúns satélites artificiais e sondas lunares.

Por outro lado, os preparados de *radio* caracterízanse por ser capaces de manterse a máis alta temperatura que o seu entorno e tamén polas súas radiacións, xa que emiten raios α , β , e γ . Así pois, a maior parte das súas aplicacións derivan das súas propiedades radioactivas. Antigamente usábase en pinturas luminescentes para reloxos e outros instrumentos: moitos dos pintores de esferas de reloxos que usaban os seus beizos para moldear o pincel, morreron a causa da radiación. Así mesmo, cando se mestura con berilio é unha fonte de neutróns para experimentos físicos, e o cloruro de *radio* úsase en medicina para producir *radón* en tratamentos contra o cancro. Radioisótopos descubertos recentemente, coma os de ^{60}Co y ^{137}Cs , están substituíndo ó *radio* incluso nestes usos, dado que son máis potentes e, sobre todo, moito máis seguros de manipular.

Entre os usos principais do *radón* figuran o seu emprego para fins terapéuticos en radioterapia e para a predición de terremotos.

O renio

O primeiro descubridor do *renio* foi o xaponés Masataka Ogawa que o chamou *nipponium* polo seu país de orixe. Pero logo de facer o máis complicado, a súa obtención, errou ó colocalo no sistema periódico pois pensou que tiña $Z=43$ -hoxe ese elemento chámase *tecnecio*- polo que perdeu a súa paternidade.

O *renio* (Re) foi redescuberto no ano 1925 pola química alemá Ida Eva Tacke e o seu marido W. Noddack en colaboración con O. Berg. Andaban á procura do elemento 75, que xa fora predito por Mendeleev no ano 1871. Eles atopárono nos minerais tantalita, volframita e coulombita mediante a súa análise espectrográfica por raios X, e déronlle o nome de *renio* (de *renus* en latín) como homenaxe ó río Rihn.

Ida Eva Tacke estivo a traballar no Laboratorio de Probas Físico-Químicas de Berlín, e foi alí onde fixo os seus descubrimentos científicos máis importantes. Ademais de ser codescubridora do *renio*, descubriu tamén o elemento 43, que ela nomeou como *Masurio*, pero a comunidade científica rexeitou equivocadamente o seu logro. Posteriormente, o elemento 43 foi preparado por C. Perrier e E. Segre e déronlle o nome de *tecnecio*, ficando Tacke sen o seu recoñecemento e maternidade.

En 1934, Fermi obtivo unha serie de resultados que non era capaz de explicar ó bombardear uranio con neutróns lentos. Ida Tacke suxeriu que tivera lugar unha fisión nuclear; pero de novo a comunidade científica rexeitou o seu achado, e para cando o aceptaron, xa Fermi tiña recibido o premio Nobel.

O traballo de Tacke explicando o proceso da fisión nuclear foi publicado cinco anos antes de que Lise Meitner e O. R. Frisch publicaran a explicación do mesmo proceso e o termo “fisión” fose acuñado.

Ida Tacke foi o que consideramos unha perdedora: foi descubridora e pioneira en moitos campos; pero non foron recoñecidas as súas contribucións e nunca acadou o premio Nobel nin lle puxeron o seu nome, aínda, a un elemento químico da táboa periódica.



Figura 8: *renio*.

O *renio* é un elemento moi escaso que se atopa principalmente acompañando ó molibdeno no mineral molibdenita. É un metal branco prateado brillante, dúctil e maleable, sendo, despois do volframio, o menos fusible dos metais comúns; tamén é dos máis densos, pois só o superan o platino, o iridio e o osmio.

Úsase en aleacións: co volframio para preparar termopares que poden medir temperaturas por enriba dos 2000 °C; co molibdeno forma aleacións superconductoras a 10 K. Tamén ten aplicación na fabricación de varetas de soldadura, imáns crioxénicos, filamentos eléctricos e de flashes fotográficos, emprégase como catalizador na industria química, ...,etc.

O francio

O *francio* (Fr) é un elemento químico con número atómico 87. Foi descuberto en 1939 pola química francesa Marguerite Perey, que lle deu o nome en honor ó seu país natal. Xa en 1870 Mendeleev predicara un metal alcalino máis alá do cesio que había de ter número atómico 87. Por esta razón denominouse provisionalmente coma *eka-cesio*.

Varios equipos de investigación intentaron localizar e illar o elemento en cuestión sen éxito. Existe constancia de polo menos catro anuncios falsos que proclamaban ter descuberto este elemento:

- En 1925, o químico ruso D. K. Dobroserdov foi o primeiro: observara unha débil radioactividade nunha mostra de potasio e concluíu que o



Figura 7: Ida Eva Tacke (1896-1978).



Figura 9: Marguerite Catherine Perey (1909-1975).

eka-cesio contaminaba a mostra. Publicou unha tese sobre as súas predicións das propiedades do *eka*-cesio na que nomeaba ó elemento como *russio*, en honor ó seu país de orixe. Demostrouse que era todo erróneo.

- En 1926, os químicos ingleses Gerald J. F. Druce e Frederick H. Loring analizaron unha radiografía de raios X do sulfato de manganeso (II) na que observaron liñas espectrais que creron pertencentes ó *eka*-cesio. Anunciaron o descubrimento do elemento alcalino máis pesado ($Z=87$) e propuxeron o nome de *alcalinio*. Pero de novo estaban enganados.
- En 1930, o profesor Fred Allison do Instituto Politécnico de Alabama anunciou ter descuberto o elemento 87 analizando polucita e lepidolita coa súa máquina magneto-óptica. Allison deulle o nome de *virxinio*, en homenaxe ó seu estado natal, Virxinia, e propuxo como símbolos Vi e Vm. Con todo, en 1934 o profesor MacPherson da Universidade de California (Berkeley) desautorizou a validez deste novamente falso descubrimento.
- En 1936, o químico romanés Horia Hulubei e a súa colega francesa Yvette Cauchois analizaron a polucita, cun aparello de raios X de alta resolución. Observaron varias liñas de emisión febles que adxudicaron ó elemento 87. Hulubei e Cauchois anunciaron o seu descubrimento e propuxeron o nome de *moldavio* (MI), en honor a Moldavia.

Por fin, no ano 1939 Marguerite Perey, que traballaba no Instituto Curie de París, descubriu o *eka*-cesio cando purificaba unha mostra de ^{227}Ac . O novo produto mostraba propiedades químicas propias dun metal alcalino, o que a levou a pensar que se atopaba diante do elemento 87. Inicialmente, Perey chamoulle ó novo elemento *actinio K* en vista da súa procedencia, mais en 1946, propuxo o nome de *catío* xa que cría que era o catión máis electropositivo. A súa supervisora, Irène Joliot-Curie, opúxose a este nome, polo que Perey suxeriu o nome de *francio* como homenaxe ó país no que o descubrira. Este nome foi oficialmente adoptado pola Unión Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) en 1949, asignándolle o símbolo de Fa. Esta abreviatura foi cambiada pouco despois por Fr.

Jean Baptiste Perrin, gañador do premio Nobel de Física no ano 1926 e mentor de Hulubei, apoiou ó *moldavio* como o verdadeiro *eka*-cesio en lugar do recién descuberto *francio* de Marguerite Perey. Perey, sen embargo, criticou de maneira continua o traballo de Hulubei ata que ela foi acreditada como a única descubridora do elemento con $Z=87$. No seu éxito débese ter en conta o apoio permanente que lle ofreceu a súa directora de tese, Irène Joliot-Curie.

O *francio* é o elemento menos abundante na natureza despois do astato. Pode atoparse en trazas nos minerais de uranio e de torio, pero sobre todo xérase na desintegración radioactiva do ^{227}Ac . As súas propiedades químicas son semellantes ás do cesio e ten a electronegatividade máis baixa coñecida. É un metal alcalino altamente inestable e radioactivo que se desintegra xerando astato, radio e radón. Dada a súa inestabilidade e escaseza, non hai aplicacións comerciais deste elemento. Unicamente se usou en tarefas de investigación. Pensárase que podería servir de axuda para o diagnóstico de enfermidades relacionadas co cancro, pero esta aplicación resultou imposible.



Figura 10: francio.

4.b) Elementos dedicados a mulleres

O curio

O *curio* (Cm) é un elemento sintético da serie dos actínidos con número atómico $Z=96$. Obtense ó bombardear *plutonio* con partículas alfa.



Foi sintetizado por primeira vez en 1944 na Universidade de California (Berkeley) por G. T. Seaborg, Ralph A. James e Albert Ghiorso. Foi chamado por este nome en homenaxe a Marie Curie e o seu marido Pierre, famosos por descubrir o *radio* e por outros importantes traballos sobre a radioactividade.

O metal é sólido con un lustre prateado que se perde ó contacto co aire. As súas propiedades químicas parécense moito ás das terras raras e, facilmente, se podería confundir cunha delas se non fora pola súa radioactividade. De todos os isótopos do curio, o de maior interese é o ${}^{244}\text{Cm}$ debido ó seu potencial uso como unha fonte compacta de forza termoeléctrica, ó utilizarse a calor xerada polo decaemento nuclear como forza eléctrica. As probas atmosféricas de armas nucleares, que deixaron de facerse en 1980, xeraron a maior parte do curio ambiental, que se atopa en forma de óxido de curio. Os accidentes e outros escapes das instalacións de produción de armas nucleares provocaron unha contaminación localizada. O curio é perigoso para a saúde soamente se entra no corpo, xa que se deposita nos ósos e pode dar lugar a tumores.

O meitnerio

O *meitnerio* (Mt), de número atómico 109, foi sintetizado por primeira vez en 1982 por un equipo de investigación alemán encabezado por Peter Armbruster e Gottfried Münzenberg no Instituto de Investigación de Ións Pesados (*Gesellschaft für Schwerionenforschung*) en Darmstadt.

A creación deste novo elemento demostrou que as técnicas de fusión nuclear podían ser usadas para crear novos núcleos pesados. Este metal de transición sintético altamente inestable, que inicialmente se denominou *unnillennio*, suponse que é un sólido de aspecto metálico e cor prateada. Espérase que as súas propiedades químicas sexan similares ás do iridio.

Este equipo preparou o novo elemento bombardeando brancos de Bismuto con ións de ferro superacelerados segundo a reacción:



O nome de *meitnerio* foi adoptado pola IUPAC en agosto de 1997 en honor á matemática e física de orixe austríaco, Lise Meitner.

Especialista en física nuclear, en 1917 encargouse do Departamento de física do Instituto do Emperador Guillerme de Berlín-Dahlem, onde iniciou a súa colaboración co químico Otto Hahn, con quen descubriu o protactinio. A súa colaboración durou 30 anos e xuntos chegaron a resultados importantes no campo da física nuclear.



Figura 11: O matrimonio Marie e Pierre Curie no laboratorio.



Figura 12: Lise Meitner (1878 - 1968).

Por mor da súa ascendencia xudía, Lise Meitner viuse obrigada a fuxir de Alemaña coa chegada ó poder do Partido Nacionalsocialista en 1933. Primeiro viviu en Holanda e logo en Suecia, onde estivo relacionada co Instituto Nobel. Explicou física como profesora visitante o ano 1946 na Universidade Católica de América, para volver o mesmo ano a Suecia e incorporarse ó equipo de investigación atómica da Universidade de Estocolmo.

A pesar da distancia, Lise seguiu colaborando con O. Hahn e F. Strassmann no estudo dos elementos transuránidos. Hahn e Strassmann publicaron os seus resultados en *Naturwissenschaften* en 1939.

Simultaneamente, Meitner e o seu sobriño Frisch, explicaron e déronlle nome á fisión nuclear usando o modelo de Bohr de “gota líquida” para o núcleo. A súa publicación apareceu en *Nature* en 1939.

O exilio e o distanciamento co seu colaborador, O. Hahn, fixo que o xurado dos Premios Nobel non acadara a comprender a súa relevante participación nese descubrimento e os seus compañeiros chegaron a dicir que a súa contribución non fora notable, polo que non foi galardoada co premio Nobel.

4.c) Elementos dedicados a mulleres aínda non aceptados oficialmente

O joliotio (nobelio)

O nome de *joliotio* (Jl) foi proposto e rexeitado en máis dunha ocasión á hora de nomear novos elementos da táboa periódica. Este nome foi concibido como homenaxe ó matrimonio francés Joliot-Curie pola súa importante contribución ó estudio da estrutura do átomo, á radioactividade artificial e á física nuclear, feito que lles foi recoñecido no ano 1935 coa concesión do premio Nobel en Química, polo descubrimento dos novos elementos radioactivos.

Irene Curie naceu en París e era a filla maior de Marie e Pierre Curie. Axudou á súa nai, Marie Curie, a instalar unidades de raios X en hospitais militares. Comezou a desenrolar a súa investigación a partires de 1921, durante a cal coñeceu ó seu home, Frederic Joliot. A partir de 1933 desenrolaron isótopos radioactivos de aplicación na medicina e moi empregados na investigación científica e industria actuais. A partir de 1930 Irene desempeñou postos relevantes como o de subsecretaria de Estado na investigación científica en Francia, directora da Comisión de Enerxía Atómica e por último, no ano 1946, a dirección do Instituto do Radio.

En 1957 e de xeito simultáneo, científicos dos Estados Unidos, Gran Bretaña, Rusia e Suecia anunciaron o descubrimento dun isótopo do elemento 102. En abril de 1958 Albert Ghiorso, T. Sikkeland, J. R. Walton e Glenn T. Seaborg, investigadores da universidade de Berkeley, confirmaron o seu descubrimento.

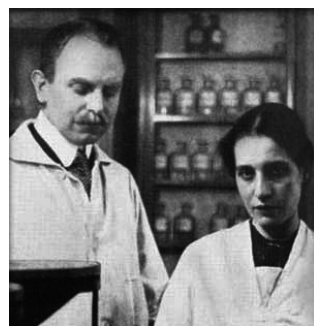


Figura 13: Otto Hahn e Lise Meitner no laboratorio.



Figura 14: Matrimonio Joliot-Curie.



Figura 15: Seaborg e colaboradores.



Figura 16: nobelío.

A asignación do nome para o elemento 102 foi polémica: inicialmente propúxose o nome de *nobelio* (No) para o elemento sintetizado que foi aceptado pola Comisión de Pesos Atómicos da IUPAC (Unión Internacional de Química Pura e Aplicada). Os investigadores rusos en Dubna, por outro lado, propuxeron como nome do elemento 102 o *joliotium* (Jl), que foi rexeitado a favor da proposta dos americanos.

No ano 1961 descubriuse o elemento 103 en Berkeley, ó mesmo tempo que na unión soviética. O nome americano de *lawrencio*, en consideración ó inventor do ciclotrón Ernest O. Lawrence, foi aceptado fronte a proposta rusa de *joliotio*, que novamente foi rexeitado.

Anos máis tarde, a causa do descubrimento do elemento 105, a IUPAC asignoulle a este novo elemento o nome *joliotio* (Jl), en honor ó matrimonio francés Joliot-Curie. Sen embargo, os desacordos entre os investigadores que reclamaban o seu descubrimento, e polo tanto, tamén o privilexio de poñerlle nome, fixo rexeitar de novo o nome de *joliotio*. Os científicos de Dubna chamárono *nielsbohrio* (Ns) en homenaxe a Niels Bohr, científico danés. A finais de abril de 1970, científicos de Berkeley (Ghiorso, Nurmia, Haris, K. A. Y. Eskola e P. L. Eskola) chamárono *hahnio* (Ha) en honor a Otto Hahn, científico alemán (1879-1968). A IUPAC propuxo en 1977 un nome sistemático, o *unnilpentium*, para evitar discusións. O nome actual e definitivo é *dubnio*.



Figura 18: sede do JINR en Dubna.



Figura 17:
Ernest O. Lawrence.

O matrimonio Joliot-Curie fica, aínda, sen recoñecemento oficial no sistema periódico, por mais que para moitos científicos cumpriría que, dunha vez, se lles asignara un elemento. Estes son os paradoxos da nomenclatura actual.

4.d) Elementos con nome de mulleres

O fósforo

O *fósforo* (P) é un elemento químico non metal con número atómico $Z=15$. Este elemento foi descuberto polo alquimista alemán Hennig Brand, no ano 1669 en Hamburgo. Illouno como fósforo branco ó destilar unha mestura de urina e area durante a procura da “pedra filosofal”. Daquela chamouno “*fogo frío*” por brillar na escuridade, pero foi o médico Johann Sigmund Elsholtz que lle deu o seu nome definitivo de *fósforo*. Aínda que Brand foi o primeiro descubridor deste elemento mantívoo en segredo ata que outro alquimista alemán, Kunckel, o redescubriu no ano 1677.

O seu nome procede do latín *phosphorus* con orixe na palabra grega *phosphoros* que provén de *phos* (“luz”) e *phoros* (“portador”). Antigamente o planeta Venus era chamado “portador da luz”, o máis brillante do firmamento. A deusa romana Venus era un reflexo da deusa grega Afrodita, ámbalas dúas deusas da fecundidade e da beleza. Era filla de Xúpiter e Dione, nada da espuma do mar e incluso nalgunhas culturas nada como unha deidade celestial, provinte do ceo e do amanecer.



Figura 19:
fósforo branco.

Pódese atopar na natureza combinado en numerosos minerais (por exemplo, na apatita) e incluso en organismos vivos (foi o primeiro elemento illado de sustancias orgánicas procedentes de seres vivos), pero nunca en estado nativo. En canto ás súas propiedades químicas trátase dun elemento moi reactivo e oxídase espontaneamente en contacto co osíxeno atmosférico, emitindo luz ou fosforescencia.

O fósforo aparece en varias formas alotrópicas, sendo dúas as máis comúns: o *fósforo branco* é extremadamente venenoso, inflamable e provoca queimaduras en contacto coa pel. A exposición continua a esta forma do fósforo provoca necrose da mandíbula. O *fósforo vermello* con todo non se inflama espontaneamente nin é tóxico, pero pode transformarse no *fósforo branco*.

En canto ás súas aplicacións emprégase en fertilizantes, ácidos, deterxentes, mistos, aceiros especiais, etc.

O vanadio

O *vanadio* (V) corresponde ó elemento con número atómico $Z=23$ e se atopa no grupo 5 da táboa periódica dos elementos. Este elemento metálico foi descuberto por un mineraloxista español-mexicano, Andrés Manuel del Río no ano 1801 que o descubriu nun mineral de chumbo, chamándoo *pancromo* primeiro e logo *eritronio*, xa que ó quecer as súas sales tornábanse de cor vermella.

Posteriormente, no ano 1830, o sueco Niels Gabriel Sefström redescubriuno nun óxido precedente dunhas menas de ferro e outorgoulle o nome de *vanadis*. O *vanadio* metálico foi illado no ano 1867 por Henry Enfield tras a redución de VCl_3 con hidróxeno.

O seu nome *vanadio* (V) procede da deusa da mitoloxía escandinava Vanadis, a deusa da beleza e da xuventude. Este nome escolleuse polas cores rechamantes que mostran os seus compostos e os tons vermellos do metal. Vanadis ou Freya (Freyja) era a deusa do amor, da beleza, da maxia, etc. Freyja significa en nórdico antigo “muller forte”. Era considerada unha muller moza, fermosa, luxuriosa, relacionada coa Venus romana e a primeira Valquiria. Era considerada tamén a deusa da fertilidade e estaba relacionada coa morte. O seu home *Od* abandonábaa durante tempadas moi longas, e por esa razón ela choraba bágoas de ouro vermello.



Figura 21: deusa Vanadis.

En canto ás súas propiedades, trátase dun metal de transición dúctil, de cor branco e brillante. Mostra unha grande resistencia ás bases, ó ácido sulfúrico e ó ácido clorhídrico.

Emprégase nos aceiros especiais para uso nos instrumentos cirúrxicos, mesturado con aluminio en aleacións de titanio para motores de reacción, tamén en reactores nucleares, en imáns supercondutores, ..., etc. O po metálico de vanadio é pirofórico e os seus compostos altamente tóxicos. A súa inhalación pode causar cancro de pulmón.



Figura 20:
Andrés Manuel del Río.



Figura 22: vanadio metal.

O selenio

O *selenio* (Se), con $Z=34$, foi descuberto por J. J. Berzelius no ano 1817 no lodo recollido no fondo dunha cámara de chumbo nunha fábrica de ácido sulfúrico.

O seu nome provén do grego Selénion (resplandor da Lúa), dado o seu parecido co *telurio* (nome procedente do latín *tellus*, que significa Terra).

Selene, a deusa da lúa na mitoloxía grega, era filla do titán Hiperión e da titánide Tía, e irmá de Helios, deus do sol. Conta a lenda que Selene namorouse dun pastor, Endimión, a quen sumiu nun sono eterno para que nunca puidera abandonala.



Figura 24: Selene durmindo a Endimión.

Está considerado un elemento perigoso para o medio ambiente polo que os seus compostos se almacenan en lugares secos para evitar a filtración nas augas. Trátase tamén dun oligoelemento, esencial para tódalas formas de vida. É antioxidante, axuda a neutralizar os radicais libres e estimula o sistema inmunolóxico. A súa inxesta en exceso pode causar selenose.

O niobio

O *niobio* (Nb) atopase no grupo 5 da táboa periódica dos elementos e corresponde ó elemento con número atómico $Z=41$. O seu nome *niobio* (Nb) está dedicado a Niobe, filla de Tántalo. O seu descubrimento no ano 1801 débese ó inglés Charles Hatchett que o atopou mentres estudaba o mineral columbita, polo que lle puxo o nome de *columbio*.

No ano 1844 foi redescuberto polo químico alemán Heinrich Rose, que o chamou *niobio*, ó mostrar propiedades químicas moi semellantes ás do *tántalo* e atoparse no mesmo mineral. O nome de *niobio* non foi aceptado pola comunidade química internacional ata o ano 1950. Aínda hoxe en día a industria metalúrxica americana o segue chamando *columbio*.

En relación á orixe do nome, é preciso dicir que Níobe era filla de Tántalo e estaba casada con Anfión, rei de Tebas. Tiveron moitos fillos dos que Níobe se sentía orgullosa; de feito mofábase de Leto porque só tivera dous fillos, Apolo e Artemisa, ós cales ofendía.



Figura 23: J. J. Berzelius.

Atópase moi distribuído na codia terrestre. Igual que o xofre, presentase en varias formas alotrópicas distintas: aparece como po vermello; como unha masa amorfa vidrosa chamada selenio vidroso; como cristais vermellos ou como cristais de cor gris metálico chamados selenio gris, sendo este último o máis común.

Amosa o efecto fotoeléctrico, convertendo a luz en electricidade, e posúe unha condutividade eléctrica variable coa luz, ó mesmo que a lúa cambiante. Por debaixo do seu punto de fusión é un material semiconductor de tipo p.

O selenio emprégase en aplicacións eléctricas e electrónicas, como células solares, en fotografía, ...etc. Engádense en aceiros inoxidables e emprégase como catalizador de reaccións de deshidroxenación. O ^{75}Se encontra aplicación en radiodiagnóstico como trazador na visualización de tumores malignos.



Figura 25: selenio nativo.

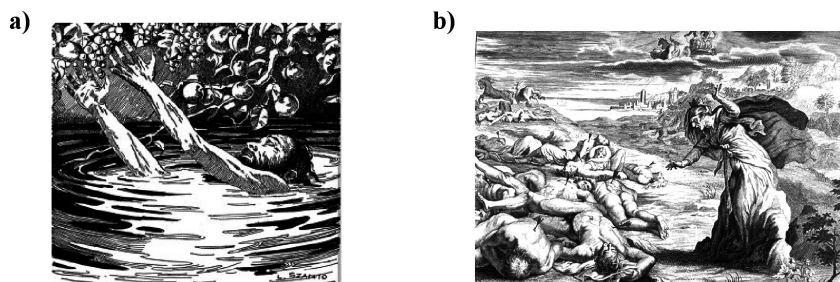


Figura 26: a) deus Tántalo no inferno de Tántalo e b) representación de Níobe diante dos cadáveres dos seus fillos.

Como vinganza, Apolo e Artemisa asasinaron a tódolos seus fillos con excepción de Anfión e de Melíbea que, ó presenciar a morte dos seus irmáns, colleu tal palidez que foi chamada Cloris. Cando Níobe se decatou do que pasara sentiu tanta dor que ficou inmóbil e rematou converténdose nunha estatua de pedra.

Trátase dun metal de transición dúctil, gris, brando e pouco abundante, con elevado punto de fusión. En presenza de aire, torna a unha cor azulada. Íllase da Niobita.

É un elemento raro e ó mesmo tempo estratéxico, xa que atopa aplicacións importantes na preparación de superaleacións en aceiros, proporcionándolles unha elevada resistencia fronte á oxidación e ás altas temperaturas.

Tamén se utiliza en aleacións con estaño, titanio ou circonio na fabricación de supercondutores. O niobio puro posúe características óptimas como material de construción para as plantas de enerxía nuclear. A produción de Nb, que posúe un elevado grao de radioactividade, provoca grandes perdas medioambientais á hora de extraelo.



Figura 27: niobio metal.

O paladio

O *paladio* (Pd) é un elemento de transición de número atómico $Z = 46$ situado no grupo 10 da táboa periódica dos elementos. O nome deullo o seu descubridor W. H. Wollaston, probablemente para facer mención ó descubrimento, daquela aínda recente, do asteroide Pallas.

Na mitoloxía grega Palas é o deus da sabedoría e nalgúñas versións aparece como pai de Selene e Atenea, tamén considerada deusa da sabedoría. Conta a mitoloxía que Palas, cando intentou abusar sexualmente de Atenea, esta matouno e fixo coa súa pel unha coraza: a Éxida.

Outra versión conta que Palas era unha amiga da infancia de Atenea que foi morta por esta accidentalmente e no seu honor antepuxo o nome da súa amiga ó seu propio nome. O nome xenérico das estatuas que representaban a Palas Atenea sostendo un escudo e unha lanza recibían o nome de *Paladios*.



Figura 28:
W. H. Wollaston.

É un metal de cor gris metálico extremadamente dúctil e raras veces aparece en estado nativo. Trátase dun metal de transición do grupo de Pt, brando, dúctil, maleable e pouco abundante.

Empregase no campo das comunicacións para revestir contactos eléctricos en dispositivos de control automáticos. Tamén ten aplicación en odontoloxía e en xoiería, na que se mestura en pequena cantidade con ouro para conseguir ouro branco.



Figura 30: paladio.



Figura 29: estatua de Palas Atenea.

O telurio

O telurio (Te) é un elemento con número atómico $Z=52$. O seu descubridor foi o inspector xefe de minería de Transilvania, Franz Joseph Müller von Reichenstein, que o atopou nun mineral no ano 1782, describíndoo como o “ouro branco azulado”. Pola súa cor deulle ó mineral o nome de *Aurum Paradoxum*, *Metalium Problematicum* e *Aurum Album*. Para o illamento e descubrimento do novo elemento colaborou co químico alemán Martin Heinrich Klaproth.

No ano 1789, o profesor Paul Kitaibel da Universidade de Pest, redescubriu o mesmo *Aurum Problematicum* e chamouno *Prata Molíbdica*, enviándolle mostras a Klaproth. O 25 de xaneiro de 1798 Klaproth bautízao na Academia de Ciencias de Berlín como *tellurium*, outorgándolle a única autoría do descubrimento a Müller. Este nome de *telurio* procede do latín *Tellus-Telluris* que fai referencia á Terra, en honor á deusa romana co mesmo nome.

Tellus na mitoloxía romana representaba á deidade gardiá da terra, chamada ás veces *Tellus Mater* (nai Terra). Era a deusa responsable da produtividade das terras de cultivo, labor que exercía xunto coa deusa do gran, Ceres.

Atópase como elemento libre na natureza, formando oito isótopos estables, e asociado algunhas veces con selenio ou en forma de telururos en diversos minerais. Das propiedades do elemento destacar que reacciona con halóxenos e que os seus compostos son considerados teratóxenos.

Empregouse inicialmente como aditivo do aceiro para aumentar a súa ductilidade, como abrillantador en electroplateados, como aditivo en catalizadores e como aditivo do chumbo para acrecentar a súa resistencia á corrosión. Tamén se emprega na fabricación de semicondutores, en aleacións de cobre ou ferro, na fabricación de aceiros lixeiros e na industria cerámica.

O cerio

O cerio (Ce) clasifícase dentro do grupo dos lantánidos, e posúe un número atómico de $Z=58$. Foi descuberto no ano 1803 en forma de óxidos polos químicos J. J. Berzelius (Figura 23) e Wilhelm von Hisinger en Suecia e, no mesmo ano, por Martin Heinrich Klaproth en Alemaña.



Figura 31: telurio metálico.

O elemento metálico foi illado en 1839 por Mosander. O seu nome está baseado no nome do asteroide Ceres, atopado dous anos antes do descubrimento do elemento, e que recibiu este nome en honor á deusa romana Ceres.

Na mitoloxía romana, Ceres era a deusa da agricultura, das colleitas e da fecundidade (chamada Deméter na mitoloxía grega). Ceres é representada como unha muller fermosa e de gran estatura e corpulencia, cabelo louro e de cute coreado. Aparece a miúdo cun cetro ou unha fouce e dous nenos portando cornos da abundancia. Era filla de Saturno e Ops, esposa e irmá de Xúpiter, nai de Proserpina e irmá de Xuno, Vesta, Neptuno e Plutón. A súa beleza namorou ó seu propio irmán, Xúpiter, quen tivo con ela a Proserpina (chamada Perséfone na mitoloxía grega). Tivo ademais un fillo con Neptuno, chamado Arión.



Figura 32: M. H. Klaproth.

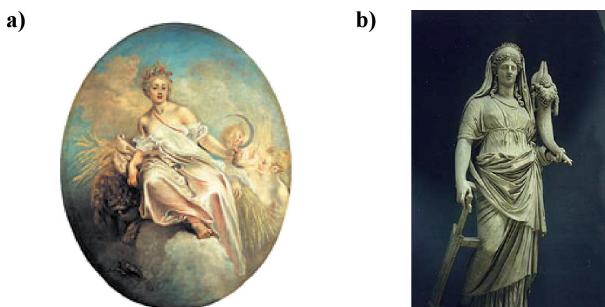


Figura 33: a) imaxe da deusa Ceres, b) estatua da deusa portando o corno.

O cerio é un elemento metálico de cor gris, semellante ó ferro, e toma unha cor vermella en contacto co aire. É un elemento escaso na codia terrestre, sen embargo trátase do lantánido máis abundante. Pódese atopar nos minerais monacita e blastnasita. Mostra como propiedades máis relevantes as de ser un forte axente redutor e arder espontaneamente ó contacto co aire. Na natureza podemos atopar tres isótopos estábeis do cerio: ^{136}Ce , ^{138}Ce e ^{140}Ce (o máis abundante de todos) e tamén un isótopo radioactivo, o ^{142}Ce .

En relación ás súas aplicacións pódese atopar cerio metálico na aleación de ferro empregada nas pedras dos acendedores. Algúns dos seus derivados empréganse na pirotecnia e como materiais cerámicos. Tamén encontra aplicación en imáns permanentes.

O cerio, a pesar de que posúe certa toxicidade, vértese ó medio ambiente principalmente por industrias produtoras de petróleo, nas que se emprega como catalizador, e tamén nos restos de equipos domésticos. Deste xeito vaise acumulando gradualmente nos solos e na auga, o que fai aumentar a súa concentración nos seres vivos. A modo de exemplo, provoca danos nas membranas celulares de animais acuáticos afectando á súa reprodución e a funcións do seu sistema nervioso.



Figura 34: cerio.

5.- BIBLIOGRAFÍA

- 1.- GONZÁLEZ-NOYA, Ana *et al.*, *Guía do XIII Congreso de ENCIGA*, 1999, p. 211.
- 2.- a) BERMEJO, Manuel R. *et al.*, *Boletín das Ciencias*, Abril 2002, vol. 49, p. 81; b) BERMEJO, MANUEL R. *et al.*, *Boletín das Ciencias*, Outubro 2002, vol. 50, p. 133.
- 3.- a) *Diccionario básico de científicos*, D. Millar, I. Millar, J. Millar, M. Millar, Ed. Tecnos, 1989; b) *The Cambridge Dictionary of Scientists*, D. Millar, I. Millar, J. Millar, M. Millar, Ed. Cambridge University Press, 1996; c) *Scientists Anonymous. Great stories of Women in Science*, P. Fara, Ed. Wizard Books, 2005.
- 4.- Páxinas web: <http://www.distinguishedwomen.com>; <http://www.astr.ua.edu/4000WS>; <http://www.sdsc.edu/ScienceWomen>.
- 5.- A. LIRES, María; COMESAÑA, Marta, *Boletín das Ciencias*, Xuño 2001, vol. 46, p. 51.
- 6.- A. LIRES, María; COMESAÑA, Marta, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Xaneiro-Marzo 2002, vol. 1, p. 30.
- 7.- a) BERMEJO, Manuel R.; GONZÁLEZ-NOYA, Ana *et al.*, *Guía do XIX Congreso de ENCIGA*, 2006, p. 101; b) BERMEJO, Manuel R., “Nomes e símbolos dos elementos químicos”, *Revista Galega de Ensino*, 1999, vol 23, p. 91.
- 8.- PINTOS, Xoana; BERMEJO, Manuel R., *Guía do XXI Congreso de ENCIGA*, 2008, p. 81.
- 9.- ROMERO, M. J. *et al.*, *Guía do XIX Congreso de ENCIGA*, 2006, p. 121.
- 10.- a) BERMEJO, Manuel R.; GONZÁLEZ-NOYA, Ana; VÁZQUEZ, M., “O nome e o símbolo dos elementos químicos”, Xunta de Galicia. Secretaría Xeral de Política Lingüística. Centro Ramón Piñeiro para a Investigación en Humanidades, 2006. <http://www.cirp.es>; b) BERMEJO, Manuel R.; GONZÁLEZ-NOYA, Ana; VÁZQUEZ, M., “El nombre y el símbolo de los elementos químicos”, Madrid: Ed. Síntesis, 2008.
- 11.- GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A., “Chemistry of the elements”, Oxford: Pergamon Press, 1985.
- 12.- HUDSON J., “The history of the chemistry”, Londres: MacMillan, 1994.
- 13.- TRIFONOV, D. N.; TRIFONOV, V. D., “Cómo fueron descubiertos los elementos químicos”, Moscú: MIR, 1984