

PRIMO LEVI, A TÁBOA PERIÓDICA E MÁIS EU

ARMESTO RAMÓN, CONSTANTINO

IES Illa de Tambo, Marín

Volvín ler “A táboa periódica”, un fermoso libro escrito por Primo Levi. Se xa me gustaba cando se publicou en España no ano 2004, esta segunda lectura deleitoume, se cabe, aínda máis. O seu autor, químico de profesión, ademais de talentoso escritor, evoca varias aventuras humanas fascinantes, ligadas cada unha delas a un elemento químico. Comeza co argon, lembrando aos seus nobres antepasados; séguese o relato dunha amizade de ferro; conta as desventuras que sofre quen confunde semellantes (ou substitúe o sodio polo potasio); o maleable e brando vanadio sérvelle para preguntarse se a pasividade ante o mal é responsable; o arsénico, arma para o cruel asasinato, tamén pode enxalzar a dignidade do perdón; o envelenamento que castigaba aos primitivos mineiros do chumbo é lendario; sublime a obtención do mercurio; e así sucesivamente con, nada menos que, vinte e un elementos. “Ao chegar a este momento da vida, que químico, ante a táboa periódica non recoñece, espallados por ela, os farrapos ou os trofeos do propio pasado profesional?... Ocorre, pois, que cada elemento lle di algo a cada un (a cada cal unha cousa diferente), igual que pasa cos vales ou as praias visitadas durante a mocidade”.

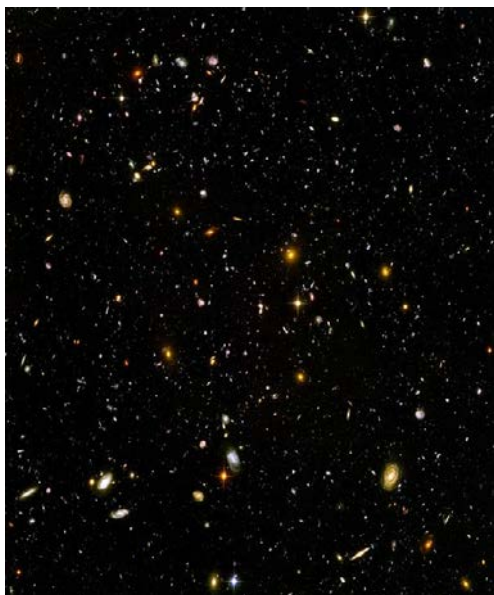
Ao longo de todo o artigo atereime a estas indicacións. Inspirándome en Primo Levi quero lembrar os elementos da táboa periódica que me gustan e as historias que me suxiren; non comentarei as súas propiedades, obtención ou reaccións, tampouco destacarei a súa importa química ou económica, describirei as distintas ideas, nostalxias e emocións que espertan en min; porque eses coñecementos e esa paixón téntolla comunicar aos meus alumnos.

Todo o mundo entende que leóns, tigres e leopardos gardan certo parecido, aínda que se trate de animais diferentes, igual que os cans, lobos e coiotes; o mesmo sucede cos distintos elementos que constitúen a materia. Os químicos, imitando a zooloxos e botánicos, agrupáronos

en familias, como os felinos e cánidos, as rosáceas e gramíneas, familias que denominarei con números sucesivos do un ao dezaioito. Si, nada máis que dezaioito: os elementos químicos non son tan variados como os seres vivos.

1ª familia. Entre os elementos deste grupo atópase o hidróxeno, que case debe formar unha familia el só, porque sendo o átomo máis pequeno, achámolo por todas as partes. Se nos interesan os transportes achámolo no incendio do dirixible alemán Hindenburg, en 1937; se nos fixamos no aforro enerxético, aparece nas pilas de combustible; se amamos a gastronomía, no sabor acedo dos zumes de froita; non só forma parte da auga na que nos bañamos, senón tamén de gran parte de nós mesmos. Non esaxero ao sinalar que, aínda que escaso na atmosfera e na cortiza terrestre, sete de cada dez átomos do universo son hidróxenos.

O sodio e o potasio cóntanse entre os meus átomos máis queridos. Os impulsos nerviosos, correntes eléctricas deslizándose ao longo das fibras nerviosas do meu corpo, débense ao fluxo dos ións sodio e potasio que entran e saen das miñas células. Como non amar entón aos sodios e potasios, vehículos dos sinais que transmiten as neuronas que estou a usar agora? Neuronas, por certo, que estudou Santiago Ramón e Cajal; e este Novel, que é para os neurocientíficos, o que Darwin para os biólogos ou Lavoisier para os químicos, suxíreme amargas reflexións sobre o deixamento da sociedade española cara á ciencia. Pregunte o docente lector aos seus alumnos (o escritor fíxoo) quen non coñece aos futbolistas Messi ou Cristiano Ronaldo. Ninguén. Pregunte, agora, quen coñece ao profesor Mojica, candidato español a Novel, ou quen a Rafael Yuste, impulsor do proxecto Brain, que pretende cartografar os circuítos do cerebro. Desgraciadamente repítese a mesma resposta.



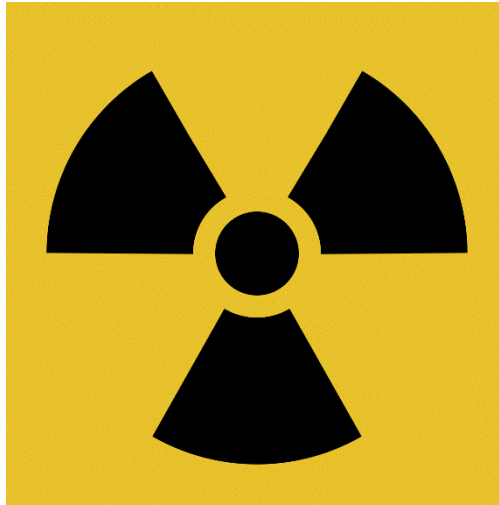
2ª familia. Cualifico ao calcio como esquizofrénico. Non acho outro adxectivo para quen ten comportamentos tan contraditorios: tranquilo e pasivo cando, como carbonato ou fosfato, forma parte dos ósos dos animais vertebrados ou das cunchas dos moluscos, ou acompaña á quitina no esqueleto externo dos crustáceos; activo, versátil e corrosivo cando se atopa en forma

de cal. A ambigüidade da súa conduta reflíctese na diversidade dos sucesos que rememoro: asocio o cal aos momentos máis trágicos do século que me viu nacer: esbirros de Hitler e Stalin padecendo cal en tumbas multitudinarias, de xudeus e eslavos uns, de ucraínos e caucásicos outros, que máis dá!. Todos son seres humanos. O calcio das calcarias, en cambio, suxíreme recordos máis prazentosos; porque con rochas calcarias están feitos os Picos de Europa, por cuxos carreiros busquei fósiles; fósiles que me permiten imaxinar idades pretéritas, cando o planeta era moi diferente ao actual, tanto que nin sequera as montañas estaban no mesmo sitio que agora. Xa son ganas de amolar!

Sentimentos opostos embárganme cando me atopo con outros dous elementos desta familia. A antipatía resérvoa para o isótopo radioactivo do estroncio, que se produce durante a fisión do uranio, e é capaz de coarse, confundido cos átomos de calcio, nos nosos ósos; porque sospeito que ter un emisor de radiación neses lugares non debe ser san. Resultámeme simpático, en cambio, o magnesio: aínda que a Terra, vista desde o espazo, é un planeta azul, o verde cobre gran parte dos continentes, cor debida á clorofila que contén átomos de magnesio como imprescindibles ingredientes: si, resultámeme agradable o magnesio.

3ª. Hai unha familia numerosa na táboa periódica? E que numerosa é, vállame Deus! Todas as familias conteñen catro, seis ou sete elementos -ata o de agora- excepto esta, que disque engade dous conxuntos de catorce elementos, aos catro que debería ter. Pero, incorpóraos realmente? Moitos químicos argúen, con sensatas razóns, que non. O escritor, aínda que coñece os motivos da exclusión, evita pronunciarse porque, podemos deixar sen familia a case a cuarta parte dos membros da táboa periódica? Catorce elementos, chamados terras raras, interesan aos chineses e preocupan ao resto do mundo; o lector profano probablemente nunca oíse falar deles; con todo, estes elementos penetraron na vida moderna nos reprodutores de música, teléfonos móbiles, tabletas, aeroxeradores, sistemas antimísiles, motores de avión, paneis solares, láseres e baterías de marcapasos ou de coches híbridos. Antes de seguir, debo declarar que as terras raras nin son raras nin son terras; non son terras, senón metais e non son raras porque son máis abundantes que o ouro, a prata ou o volframio. Si, moitas industrias dependen do abastecemento de terras raras e China é o principal produtor (o noventa e sete por cento da oferta mundial): para evitar o monopolio, extraer terras raras noutras partes do mundo converteuse nunha tarefa urxente. En Marín, onde residen os alumnos do escritor, é posible achar terras raras en Marín? Si, se se sabe onde buscalas. Vaia o curioso lector a un estanco e compre pedras de chisqueiro. Estará a comprar cerio e lantano cunha pequena porcentaxe de neodimio e praseodimio.

Todos os elementos do outro conxunto de catorce (actinoides chámanos os expertos) son radioactivos, pero só hai un fisible na natureza, o uranio; con este metal é inevitable lembrar as tres bombas atómicas construídas -e feitas explotar- co proxecto Manhattan. Agora ben, quen me fá dicir que, durante unha das miñas correrías polos montes e vilas de Iberia, fora parar á vila de Sortelha? Alí, na comarca de Castelo Branco, preto da Serra da Estrela, coñecín, por estas casualidades con que nos sorprende a vida, a unha Vizcondesa que, amablemente, me deixou ler -nun libro portugués, escrito por ela, que conservo- o seguinte: “Na última guerra mundial saíu da freguesía de Sortelha, parte do uranio que serviu para o fabrico da primeira bomba atómica”. Ingredientes das bombas atómicas nas proximidades dun antigo castro lusitano? Apenas o podo crer!



4ª. Os alumnos do escritor coñecen o titanio, algún para desgraza súa, e digo desgraza porque con parafusos de titanio repáranse moitas roturas dos ósos; titanio co que tamén se recompón a anatomía dos veloces deportistas que case voan nas súas motos. O escritor, en cambio, tivo outro contacto con este lixeiro metal: os implantes dentais, impensables hai medio século, hoxe son moeda corrente. A reflexión resulta inevitable, serían posibles todas estas reparacións anatómicas sen analxésicos? Hai pouco máis dun século a cirurxía era imposible, a odontoloxía case. Aos cortesáns da emperatriz Xosefina espantábaos o cheiro e a vista da súa dentadura putrefacta. Cando quero convencer a alguén das bondades da química menciono dúas palabras: antibióticos e analxésicos; ante ambas, todo o mundo asente en silencio. Contarei unha anécdota do admirado e entrañable poeta Bernardino Graña, compañeiro de instituto durante varios anos. Un día, ao terminar o traballo, varios colegas fomos xantar; durante a comida alguén, non lembro quen, preguntou en que época nos gustaría vivir. Bernardino declarou que lle gustaba a época dos trovadores, deduzo que para vivir como tal. A min, que defendía que a mellor época era a nosa, non se me ocorreu nada mellor que dicir: que poesía farías se che doesen as moas? Bernardino, afeito a ver lírica no mar, onde os demais mortais só vemos auga, lanzoume unha mirada de incompreensión absoluta.

5ª. Coñecía o vanadio, que honra co seu nome a unha deusa escandinava, as súas propiedades químicas e as desventuras do seu descubridor español para que lle recoñecesen o seu traballo pioneiro; pero quixen saber máis sobre dous familiares seus. Non imaxinei que co niobio e o tántalo se me coasen, desvergonzadamente, non deuses senón tamén demos, que chegarían a desencadear unha infame contenda. A guerra do *coltán*, tamén chamada a Gran Guerra Africana, foi o conflito humano máis mortífero despois da Guerra Mundial: tres millóns oitocentos mil cadáveres podreceron na conca do río Congo entre os anos 1998 e o 2003. Para moitos lectores *coltán* será unha palabra estraña; non é para menos, trátase da combinación de dous vocábulos, que nomean a ambos minerais: a *columbita* e a *tantalita* dos que se extraen o niobio e tántalo. Se engadimos que o oitenta por cento das minas se achan no Congo e que o seu prezo quintuplica o dos diamantes industriais comezamos a entender as infames causas da Gran Guerra Africana. A que se debe -preguntarase o sorprendido lector- o desmesurado valor deste mineral? A que é escaso e a que é imprescindible para a fabricación de compoñentes das novas tecnoloxías, teléfonos móbiles, computadores, pantallas de plasma, cámaras dixitais, videoxogos, armas intelixentes e accesorios da industria aeroespacial. O escritor, satisfeito cidadán español

da Unión Europea e habitual usuario das novas tecnoloxías, confesa sentir unha enorme vergoña. E non me consola que hoxe, nas entrañas de Penouta se extraia algo máis que estaño; na bucólica mina de Viana do Bolo obtense o cobizado *coltan*.

6ª. Todo amante do cinema, por moita química que saiba, debe odiar ao cromo. Lembran a película “Erin Brockovich” filmada por Steven Soderbergh? Retrata unha disputa sobre a causa das enfermidades que padecen tenros infantes e cordiais mulleres. Debíase ás verteduras de cromo VI á auga potable? No lado dos bos está a fermosa e simpática actriz Julia Roberts, no dos malos, unha anónima, sinistra e millonaria compañía. Ante a valentía, astucia e bondade mostrada pola protagonista, a quen lle poden importar as propiedades químicas do cromo? Se engado que o cromo VI -con independencia do encanto dos personaxes- é, efectivamente, canceríxeno, pouco queda por engadir. Un familiar do cromo, o volframio de discutido nome, conta, en cambio, co meu afecto; por dúas razóns: porque o descubriron compatriotas nosos, os irmáns logroñeses Juan José Elhúyar e Fausto Elhúyar; e porque o metal achegou diñeiro, durante tempos de fame, aos nosos paisanos galegos. Durante a segunda guerra mundial, moitos aldeáns do Barbanza, Bergantiños, Xallas e Valdeorras extraérono das minas: era un metal estratéxico para a industria alemá de guerra e por iso estaba moi ben pago.

7ª. Hai un elemento, pertencente a esta familia, que me intriga excesivamente; e ninguén, ata o de agora, soubo satisfacer a miña curiosidade. Por que é radioactivo o tecnecio? Que todos os elementos máis pesados que o chumbo sexan radioactivos explícase con relativa facilidade: ao superar certo límite, a repulsión eléctrica entre as partículas positivas do núcleo volve inestable ao átomo. Ten lóxica; pero, por que un núcleo de corenta e un, corenta e dous, corenta e catro ou corenta e cinco protóns, co consecuente aderezo de neutróns, é estable e un de corenta e tres non? Silencio. Non acaban aquí as peculiaridades do tecnecio; desde que Mendeléyev lle reservou un oco na táboa periódica ata que o produciron de forma artificial no ano 1937, asignáronse nove nomes diferentes e houbo ata oito falsos descubrimentos. Fronte a toda esta casuística comprenderase que o manganeso, o seu parente, quede relegado no meu esquecemento.

8ª. Coma se dunha luminaria se tratase, resalta na familia oito o ferro. Se co osíxeno, como se lerá máis diante, podemos seguir a historia da vida; fixarse no ferro é contemplar o espertar da civilización. Os meteoritos tiñan que impresionar ao home primitivo, vindos do ceo, participaban da santidad celeste; con todo, o seu uso non propiciou a idade do ferro porque o metal era escaso; foi necesario o descubrimento da fusión/redución dos minerais para inaugurar unha nova etapa na historia da humanidade: a idade dos metais, e con ela a especialización dos traballos e a chegada da civilización. A diferenza do cobre e do bronce, a metalurxia do ferro fíxose pronto industrial porque, unha vez descuberto o secreto de fundir a hematita ou a magnetita, non houbo dificultade para procurarse grandes cantidades de ferro; xa que os xacementos eran ricos neste metal e fáciles de explotar. Por todo isto, hai algo máis de tres mil anos, comezou a aventura que converteu aos ferreiros no equivalente aos físicos nucleares das civilizacións nacentes. Esta era a historia do ferro; ata o derrubamento das Torres Xemelgas en Nova York; o once de setembro de 2001 lembrei as propiedades do aceiro. As Torres Xemelgas soportaron indemnes o impacto de dous avións; pero a calor xerada pola explosión do combustible dos dous Boeing e o incendio consecuente -probablemente se alcanzaron mil cen graos- bastou para derrubar ambos edificios. É posible tal explicación? O ferro puro apenas ten aplicacións industriais, pero formando aliaxes co carbono é o metal máis utilizado na industria; porque o aceiro conserva as

características do ferro, pero a adición do carbono mellora as súas propiedades mecánicas. Os químicos coñecen os compoñentes dos aceiros a baixa temperatura (ferrita e cementita), tamén saben que a austenita, unha disolución sólida de carbono en ferro, facilmente deformable a mil cen graos, aparece en calquera aceiro a partir de setecentos vinte e tres graos. O sisudo lector xa imaxinaría que lle sucederá a un edificio, cando as columnas de aceiro que o sosteñen se quantan a mil cen graos, e os compoñentes do aceiro se convarten en austenita, pouco máis resistente que a manteiga ...



9^a. É unha mágoa que non exista un monumento dedicado ao fracaso: porque o edificio da ciencia en xeral, e da química en particular, levántase sobre os experimentos fracasados. Cantas veces se repite a secuencia proba e erro, proba e erro, proba e erro ata que, despois de centenaes de ensaios fracasados, lógrase o éxito buscado. Posto que ninguén encomiou estes innumerables e necesarios erros dos investigadores, dispóñome a remedialo: simbolicemos no cobalto o encomio ao fracaso. E non por capricho do escritor, os mineiros medievais saxóns nomearon “kobold” a este metal, porque o nome designa a uns gnomos, espíritos da terra que enmeigaban a un mineral, que parecía de cobre cando era, en realidade, un mineral de cobalto; que, como é lóxico, non producía cobre co tratamento habitual. Si, entendo o pouco aprecio que lle tiñan os mineiros ao mineral de cobalto: moitos fracasos deberon colectar tentando obter cobre onde non o había.

10^a. Hai xa moitos anos, sendo un novo investigador na Universidade de Santiago, quixen, cun compañeiro do departamento, medir a concentración en ppb dun catión metálico. Era tan sensible o aparello de voltamperometría que usabamos, que debiamos empregar un crisol de platino para facer as medicións porque, de non facelo, interferíanos o vidro disolvido do recipiente. Contaba a anécdota aos meus alumnos cando un, máis curioso que os demais, me preguntou as causas da inercia do platino. Despois de encomiar a curiosidade mostrada, dispúxenme á explicación, porque o platino é inerte, non cabe dúbida, pero por que é inerte? Pronto me dei conta que todos os argumentos que expoñía nada valían: a configuración electrónica, recurso case sempre infalible, nada indicaba, a situación na táboa periódica, tampouco, porque os seus familiares non eran inertes; non se oxidaba porque o potencial de normal de redución é positivo, certo, pero por que? Talvez se trata de inercia cinética, un óxido

superficial que impide a súa reacción? Consulte uns libros de química e nada me aclararon; recorrín a internet e tampouco achei solución nos artigos que lin. Si, o platino é inerte, pero ninguén explica as causas estruturais do fenómeno. Así transcorreron varios meses, ata que nun deses mergullos por internet aos que son afeccionado achei un exemplar programa de radio na universidade de Cambridge. Calquera oínte pode escribir á emisora e facer unha pregunta; se é elixida entre moitas por un equipo de xornalistas, consultan a un profesor de Cambridge, que a contesta nun programa de radio posterior. A eles me dirixín. Para sorpresa miña seleccionaron a pregunta, un profesor contestouna e non me convenceu a resposta. Non me consola que o probo profesor dese unha contestación tan confusa como a miña. Non resulta fácil explicar as causas, especulei. Por que o platino é tan inerte? Pasou un tempo e volvíñ retomar o problema. Talvez teña que cambiar de método, pensei. Lembrei, entón, os consellos, que me daba o meu admirado e antigo profesor de química Manolo Bermejo: fíxate nos datos, observa a táboa periódica e razoa, dicíame. Iso me dispuxen a facer. A configuración electrónica e as propiedades dos elementos da mesma familia nada me indicaron; pero si os elementos que estaban á beira e na mesma fila: o ouro e iridio comparten inercia. O tamaño do átomo de platino, pequeno, e o valor, grande, da súa enerxía de ionización tamén me proporcionaron información. Intervirá, quizais, a teoría da relatividade? Con todo iso elaborei unha explicación que, talvez un lector máis listo ca min, desminta. O platino é inerte debido á contracción relativista do seu orbital ocupado máis externo, que oculta aos electróns exteriores.



11ª. A singularidade do ouro e da prata hai que buscala nunha das máis importantes ficcións que inventamos os humanos para construír a civilización: o diñeiro, unha ficción compartida por todos, que nos permite valorar bens e servizos para así podelos intercambiar. Ou sexa, que da abundancia do ouro e da prata dependeu durante moito tempo a riqueza dos pobos. Nada menos! E nós, os españois, achegamos moito a esta historia; tanto como explotadores como explotados. Hispania foi para os romanos o que a India e Sudáfrica para os ingleses, Congo para os belgas, Alxeria para os franceses, Indonesia para os holandeses ou Centroamérica para os norteamericanos: unha rexión bárbara na que extraer materias primas e explotar aos indíxenas. Durante os dous primeiros séculos de nosa era, o noroeste de Hispania foi a rexión que producía máis ouro do mundo coñecido: sete mil quilos anuais. O Imperio Español en América non foi menos clemente cos aborixes que os romanos en Hispania. A gran aventura da prata comezou primeiro en Potosí e a continuación no Vicerreinado de Nova España: ricas minas, relatos fabulosos, novas cidades, Durango, Chihuahua, xorden con motivo da febre da prata. É tal a riqueza que, ao final do século XVIII, o noventa por cento da produción arxentífera mundial provén da América hispana, e case a metade só de México. Ante esta riqueza case inimaxinable, a quen pode importar a cor singular dos elementos desta familia?: todos os metais teñen a cor da

prata, excepto o cobre e o ouro; ou a súa condutividade eléctrica?: a prata, o cobre e o ouro superan á de todos os demais metais.



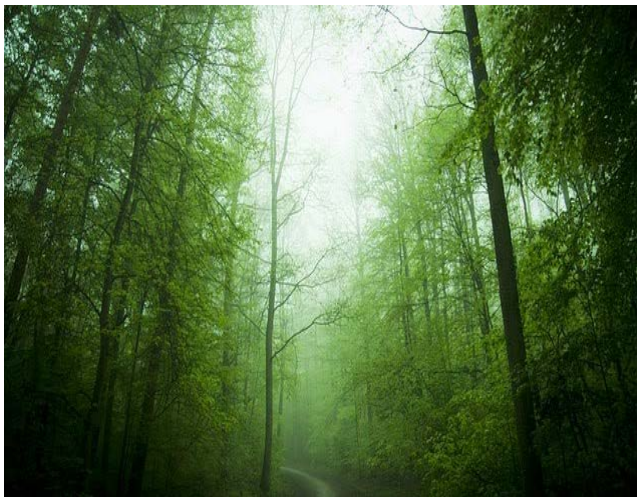
12^a. Teño un apego especial ao mercurio; non sei se por unha perversa inclinación cara aos velenos, ou porque pasei catro anos investigando cun polarógrafo, que me obrigaba a destilar mercurio unha vez ao trimestre; e destilar un metal que pode danar o sistema nervioso, ou mesmo matar ao inexperto que non extreme os coidados, non é para tomalo de broma. En fin, que o mercurio é moi tóxico; se non que llo pregunten aos case tres mil sufridos xaponeses da baía de Minamata, que foron intoxicados pola vertedura de oitenta e unha toneladas de mercurio no século pasado. Se o lector, como bo español, axuíza con pesimismo a sensatez dos seus políticos, poderá corroborar, a continuación, a súa conxectura. Cando Córdoba, capital do califato, era unha das cidades máis ricas e populosas do mundo, o seu gobernante Abderramán III, para impresionar aos embaixadores, fixo construír, nunha das dependencias de Medina Azahara, unha fonte da que brotaba mercurio. Imaxínase o sorprendido lector a cantidade de intoxicados que debeu producir a devandita fonte? Non, non me consola que a falta de cordura dos políticos españois veña de tan lonxe. Si me sorprende, en cambio, que mil anos despois sigamos en íntimo contacto co mesmo metal: sendo España o segundo país da Unión Europea que máis pescado consome, podemos presumir de que máis da metade dos españois naza cuns niveis de mercurio no sangue que a Axencia de Protección Ambiental de Estados Unidos consideraría inseguros. Xa é significativo que, no ano 2019, a Axencia Española de Seguridade Alimentaria e Nutrición recomende aos menores de dez anos, ás mulleres embarazadas e ás nais lactantes que se absteñan do consumo de peixes con alto contido en mercurio.



13^a. Hai anos -contábame un profesor de química nunha universidade madrileña- quixemos divertirnos cun colega que non era científico. Para facelo, moldeamos con galio unha culleriña de café. Imaxínaste -dicíame sorrindo- a cara que puxo o incauto visitante cando, despois de introducir a culleriña no café quente, quedou só co mango? Recoñezo que a anécdota, lida,

quizá careza de graza; pero os alumnos -sempre agradecidos- adoitan celebrala cando a conto en clase.

O aluminio fábricase abundantemente en Galicia; un motivo máis para mostrar aos nosos alumnos o funcionamento da electrólise dun sal fundido, as causas do gasto de electricidade, é polo que se proxectou -no século pasado- construír unha central nuclear en Lugo (Regodela). Tamén os motivos polos que debe usarse criolita na fabricación do metal e as consecuencias que ten para a saúde a emisión de flúor. Se a todo iso engado que durante o século XIX, a produción do aluminio era tan custosa que o metal chegou ser tan apreciado ou máis que o ouro; tanto que o mesmo emperador francés Napoleón III dispoñía dunha vaixela de aluminio para agasallar aos seus ilustres convidados; debería concluír que hai razóns suficientes para interesarme polo aluminio. Pero o azar conducíume a outros carreiros. Debatía cun colega sobre as diferenzas entre as bombas químicas e nucleares; non sobre as cifras porque nada hai que discutir sobre elas, senón sobre se un único bombardeo: Tokio, Hamburgo, Dresde, onde os mortos se contan por decenas de miles, debe considerarse un crime contra a humanidade. Como é lóxico entre químicos, ao cabo dun intre deixamos de falar de ética e empezamos a pensar en como se consegue tal desmán; porque alguén, algún químico deseñou as bombas. Por este motivo coñecín, e tentei replicar a pequena escala, a reacción da termita usada amplamente por alemáns e ingleses durante a segunda guerra mundial; reacción na que intervéñ o aluminio e coa que se poden conseguir dous mil graos, suficientes para destruír o formigón ou o aceiro. Non sei, porque só o probei unha vez, se conseguín no laboratorio semellantes temperaturas, pero si podo declarar que derretín -derretemos o meu colega e eu- un anaco de ladrillo.



14^a. Se a algunha das familias da táboa periódica quixésemos atribuírle unha superioridade sería a esta; porque nela atópanse os dous elementos terrestres máis singulares. Con átomos de carbono está construído tanto o paciente lector como o vello escritor, pouco máis hai que engadir, talvez que a pedra ou os ladrillos que conteñen a casa na que moran ambos, faise con átomos de silicio. Dúas preguntas levan implícitas estes dous elementos. Cabe especular -e lin interesantes artigos respecto diso- sobre a posibilidade de construír bacterias con macromoléculas formadas con átomos diferentes ao carbono. E tamén cabe preguntarse se seres intelixentes feitos de silicio serán os sucesores da intelixencia baseada no carbono: porque non cabe dúbida, á especie humana sucederaa outra especie, esperemos que máis intelixente. Con que átomos se construírá o seu soporte material? Ou seica serán tan intelixentes que xa prescindirían de todo soporte físico? Ademais destas sisudas reflexións, os compostos de silicio, permitíronme

outras actividades máis lúdicas: pasearme polos montes e costas do Morrazo. Un colega, outrora experto químico industrial, quixo -a petición miña- ensinarme grandes cristais minerais. Buscamos polos montes e as costas; e alí en Santa Cristina de Cobres, case enfronte de Vigo, había unha magnífica pegmatita (ata ese momento ignoraba que se trataba dunha rocha filoniana) que contiña enormes cristais de *turmalina*, de *ortosa*, de *berilo* e de *mica branca*; tamén me ensinou, aínda que foi máis fácil de achar no monte, a rosada *andalucita*. E todos eles, como a maioría dos minerais son silicatos, ou sexa, compostos de silicio.

Escribe Camilo José Cela: “Os romanos plantaban rosas e violetas sobre as tumbas para que as súas flores, ao caer sobre a terra dos mortos, a esponxasen e a fixesen máis lixeira e amorosa. Que a terra che sexa leve, escribían sobre as sepulturas”. Aí acabaremos todos antes de tempo se non nos protexemos do chumbo; dana ao cerebro, aos riles e ao sistema reprodutor, aínda por riba a súa cantidade no ambiente aumentou máis de mil veces durante os tres últimos séculos. Non se degrada, contamina o solo, a auga e o aire, perdura no ambiente durante séculos e acumúlase en vexetais e animais: o seu perigo é máximo. Rick Nevin, en 2000, achou que entre o sesenta e cinco e o noventa por cento dos crimes violentos cometidos en Estados Unidos débense ao chumbo; tamén demostrou que o chumbo nos nenos e adolescentes relaciónase cun baixo coeficiente intelectual e un carácter agresivo e antisocial con tendencias criminais. Quedou atónito o sisudo lector? Pois siga lendo: sensatos historiadores especularon que o envelenamento por chumbo podería ser unha das causas da caída do Imperio romano ou, polo menos, da decadencia da súa aristocracia: bebían auga que circulaba por tubaxes de chumbo.

Ano 1910: ningún humano pisou o polo sur. Un inmenso deserto branco con temperaturas que poden baixar a oitenta e nove graos baixo cero e ventos que alcanzan trescentos quilómetros por hora espera aos aventureiros que ousen pisalo. Dous equipos compiten polo prestixio de chegar os primeiros: o encabezado polo noruegués Roald Amundsen e o do inglés Robert Scott. Amundsen confía a súa vida a uns cans adestrados e os animais non lle fallan: en decembro de 1911 alcanza o polo austral. Scott confiaba máis na tecnoloxía: chegou unhas semanas máis tarde. Contribuíu ao fracaso de Scott a ignorancia das características do estaño que, na natureza, se presenta de dúas maneiras: como estaño branco, co que se traballa, e como estaño gris, un po que para nada serve. O combustible líquido da expedición transportábase en recipientes soldados con estaño branco que, a causa do intenso frío, converteuse en estaño gris: a soldadura dos recipientes descompúxose e derramouse o combustible. Ah! Que o lector curioso quere achar estaño na natureza? Vaia ás minas de San Finx, en Lousame: alí acharao. O estaño tamén forma parte de útiles aliaxes, como o nobre bronce, que utilizaron Aquiles, Ulises e os heroes homéricos. Esta antiga mestura de cobre e estaño, que aínda seguimos usando, achéganos a unha novidade recente, as agora chamadas *fake news*, mentiras difundidas pola prensa escrita, radio, televisión e redes sociais cuxo obxectivo é a desinformación. Ouso dicir que os contemporáneos que se dedican a propagar noticias falsas son meros aprendices. Lembra o sabio lector os monstros que pululaban no océano Atlántico para atacar aos navegantes? Non eran máis que embustes que os mariños tartesios e fenicios inventaban para protexer o roteiro das illas Casitérites, onde obtiñan o imprescindible mineral de estaño. Longas serpes de oito cabezas, agresivos cetáceos grandes como castelos, lamias enormes, medusas inmensas, polbos xigantescos, e non sei cantos monstros máis; ante estes mitos intimidatorios, que pouco xeito teñen as *fake news* actuais!

15^a. Quizá a reacción máis importante da historia da química sexa a síntese do amoníaco; reacción que permite extraer o inerte nitróxeno do aire, para convertelo en amoníaco utilizable para fabricar abonos; sen eles sería imposible alimentar sete mil millóns de humanos, dez mil

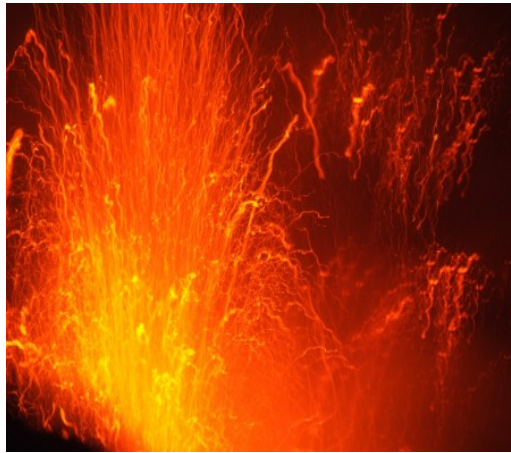
millóns a finais do século. Pero esta síntese ten un reverso: permite que os humanos aumentemos sen medida a cantidade de nitróxeno do solo; na actualidade as actividades humanas “proporcionan o corenta e cinco por cento do total de nitróxeno biolóxico útil que se produce anualmente na Terra” nitróxeno que, como adiviñaría o intelixente lector, escapa a lagos e océanos, que eutrofiza. As consecuencias poden lerse en Science (2010): “the development of new agricultural practices to satisfy a growing global demand for food has drastically disrupted the nitrogen cycle. This has led to extensive eutrophication of fresh waters and coastal zones”. Por certo, estráñame que popularmente nin se mencione o problema da alteración dos ciclos de nitróxeno e fósforo cando os expertos o cuantifican da mesma orde que o exceso de dióxido de carbono; teña presente o incrédulo lector que os usos humanos afectan directamente a máis do setenta por cento da superficie mundial libre de xeos e que unha cuarta parte das terras libres de xeo están suxeitas á degradación inducida polo home.

Co fósforo evoco intensas emocións. Lembro a chorosa e tenra despedida dun veciño e a súa noiva cando, acabados os seus estudos universitarios, foi destinado a África, a Aaiún, para facer o seu servizo militar. En 1975 Marrocos invadira o Sahara español e o exército dispúñase a defendelo. Compréndese a actuación do rei marroquí se se sabe que, na actualidade, Marrocos é o segundo produtor mundial de fosfato e conta co setenta por cento das reservas mundiais do mineral, a maior parte na mina de Fos Bucraa, en territorio do antigo Sahara español. Porque sabemos que non hai colleitas se aos solos non se lles bota abonos con NPK (nitróxeno, fósforo, potasio); e se non hai colleitas, hai fame.

Custa crelo. A Organización Mundial da Saúde testifica que o maior envelenamento colectivo da historia está a suceder agora; estímase que o arsénico podería estar a matar entre dez mil e cen mil bengalís cada ano e a causar graves enfermidades a varios millóns. Se descoñecía a catástrofe, amigo lector, débese a que ocorre nun país moi pobre. Desde hai varias décadas, aproximadamente corenta millóns de habitantes de Bangladesh, bebe diariamente auga cunha cantidade de arsénico que excede o tope fixado pola OMS e, algunhas veces, centuplicao. O arsénico é un veneno que, aínda que se tome en cantidades minúsculas, mata lentamente, porque se acumula no organismo. Os primeiros síntomas aparecen en quen consumiu auga contaminada durante máis de dez anos, e provoca distintas patoloxías que inclúen o cancro. Só hai un tratamento: deixar de tomalo, un antídoto impracticable para a maioría dos enfermos. Como se chegou a esta traxedia? No pasado, a maioría dos bengalís bebían auga dos ríos, ríos sucios cuxas bacterias causaban a morte anual dun cuarto de millón de nenos. Para conseguir auga limpa, a finais do século pasado, o goberno bengalí, o Banco Mundial, a UNICEF e organizacións humanitarias perforaron uns dez millóns de pozos; pero cometeron unha negligencia: ninguén mediu a concentración de arsénico que adoita estar presente de forma natural nas augas subterráneas. Os responsables sanitarios -ignorantes de xeoloxía- supuxeron que as augas subterráneas sempre son potables. E equivocáronse! Que facer? Os expertos discuten, porque solucións hai, pero todas adoecen do mesmo defecto: custan diñeiro, nun país onde a maioría subsiste cun euro ao día. Por agora só hai un acordo: as peores previsións resultaron optimistas.

16ª. Aínda que o osíxeno non constitúe o esqueleto das biomoléculas, si é o elemento que asociamos á vida. E con todo, para sorpresa do profano lector, pode haber vida sen osíxeno, de feito e durante mil catrocentos interminables millóns de anos sen el viviron os primeiros terrestres, as bacterias. Algunhas delas aprenderon a romper a auga coa luz do Sol e iso resultoulles útil porque obtiñan enerxía gratis e deixaban un residuo venenoso; porque iso era o osíxeno, un refugallo venenoso para as formas de vida daquel entón. Durante os seguintes mil seiscentos millóns de anos, o osíxeno producido oxidou as rochas do fondo mariño e saturou os

océanos; a continuación, pasou á atmosfera, onde oxidou tamén as rochas da superficie e formou a capa de ozono; a súa concentración -flutuante- na atmosfera nunca superou o dez por cento. Durante os catrocentos millóns de anos seguintes, acumulouse o osíxeno na atmosfera e a súa presenza, que permite un metabolismo máis eficiente, brindou novas oportunidades á vida: os primeiros animais puideron existir. Chegamos a hai cincocentos corenta millóns, desde esa afastada data ata hoxe, medusas, vermes, moluscos, insectos e vertebrados moran no planeta. E non, non crea o inxenuo lector que o aumento do gas foi continuo ata o vinte e un por cento actual; unha flutuación entre o quince e o trinta e cinco por cento condicionou as formas de vida que podían existir en cada momento; pero iso xa é outra historia. Tampouco lle preocupe ao lector a redución do osíxeno debido á queima contemporánea de combustibles fósiles, pois é pouco significativa.



Quen visitase o cráter dun volcán -o escritor estivo no Teide- detectaría cos ollos e o nariz, os átomos de xofre que, sos ou acompañados, manan das profundidades da terra. Non resulta igual de fácil observar o xofre en Io, o amarelo satélite de Xúpiter, onde se atopan activos volcáns extraterrestres, que Linda Morabito identificou por vez primeira. Non o elemento, pero si un composto del, o versátil acedo sulfúrico, forma as nubes que cobren completamente a superficie do tórrido planeta Venus, se a iso engado que compostos de xofre participan na choiva aceda que destrúe bosques e arruína edificios terrestres, e que o sulfuro de hidróxeno é un gas venenoso, desculpo que os nosos antepasados medievais asociasen este elemento ao inferno.

Conta a lenda que un día, a deusa Selene, personificación da Lúa, contemplou desde o Olimpo a un aposto mozo, Endimión, quen durmía placidamente nunha cova. Achegouse a el, xaceron xuntos e amáronse. Para eles o tempo transcorría placidamente, ata que percibiron que o corpo de Endimión envellecía. Que facer? Decidiron pedir ao todopoderoso Zeus, a inmortalidade para el. O omnipotente deus accedeu ao rogo, pero impuxo unha dramática condición: o fermoso mortal debería permanecer durmido nun soño eterno. Ignoramos como se tomaron a resolución os amantes, pero o feito é que naceron medio centenar de fillas, froito da relación. Que non está nada mal! Con tales antecedentes resulta paradoxal que Jöns Jacob Berzelius nomease selenio ao oligoelemento que causa infertilidade a un dos amantes; aínda que desculpo a ignorancia do ilustre químico porque, no ano 1817, non podía saber que a mobilidade dos espermatozoides é minúscula sen selenio.

17ª. Algúns dos membros desta familia atópanse entre os elementos máis odiosos. O cloro podería ser un elemento popular -os cloros do sal con que aderezo os meus alimentos resultan imprescindibles-, pero outras consideracións impídenme apreciálo. Con cloro gasoso matábanse franceses e alemáns durante a primeira guerra mundial; e, se necesitaban armas máis sofisticadas recorrían ao fósxeno e ao gas mostaza, ambos, compostos clorados. En 2001, máis dun centenar de países comprometéronse a reducir ou eliminar o uso dos doce contaminantes orgánicos persistentes máis perigosos (e refírome a substancias sumamente tóxicas, perdurables no ambiente, que se desprazan a través de todos os seres vivos e poden causar cancro e defectos conxénitos); os doce (entre os que se atopan as dioxinas e nove praguicidas) son compostos orgánicos clorados.



Aparentemente nada tiña que botarlle en cara ao bromo, traballara con el unha vez para facer unha bromación orgánica e sabía que era perigoso, pero nada máis... ata, que me decatei do uso que facemos dos piroretardadores. Case todos, por non dicir todos, os computadores, televisións, radios e móbiles están feitos con plástico, pero plástico e electricidade poden ser inimigos, porque a calor pode queimar o plástico. Resultaba imprescindible engadir piroretardadores; agora ben, se se usan nos plásticos por que non incorporalos tamén ás cortinas, tecidos ou calquera obxecto que poida arder? Si, o astuto lector xa o adiviñou: véndese máis, gáñase máis. Importa seica que os piroretardadores sexan compostos orgánicos polibromados, e que os compostos orgánicos polibromados sexan disruptores hormonais? Como? É posible que afecten á saúde? Compróbeo o incrédulo lector.

O flúor, o máis reactivo dos elementos químicos, ten unha historia singular. E non tanto porque os compostos organofluorados alteren a saúde ou o medio ambiente, senón porque, como químico, mostro certo corporativismo profesional: detesto ao asasino que eliminou de maneira traumática, abreviou a vida ou incapacitou aos químicos que quixeron illalo; que non foron poucos: Humphry Davy, Louis-Joseph Gay Lussac, Louis-Jacques Thenard, os irmáns Thomas e George Knox, Paul Louyet, Jerome Nickles. Henri Moissan pagou un alto prezo por illalo: catro envelenamentos e a morte prematura aos corenta e catro anos. Compensoulle recibir o premio Nobel pola súa fazaña? Ignóroo.

En toda familia adoita haber algún membro que desentoa do resto. Neste caso é o saudable iodo, que forma parte da imprescindible tiroxina, a hormona da glándula tiroide. E non lle prexudica á súa boa fama o perigo do seu irmán, o isótopo radioactivo que se desprende cando escapan ao ambiente os residuos dunha central nuclear. Lembra o cauto lector a precaución que tomaban polacos, alemáns e escandinavos despois da explosión de Chernobyl? Iodaban o sal, para

evitar que o seu organismo absorbese o iodo radioactivo. Cóntanse por centenaes de millóns os enfermos con bocio; unha enfermidade fácil de identificar polo crecemento desmesurado da glándula tiroide no pescozo. É a deficiencia de iodo na dieta a principal causa dos trastornos da tiroide? Algúns epidemiólogos dubidan, pois comprobaron que o bocio é endémico nalgúns rexións nas que a inxestión de iodo é adecuada; tal feito parece indicar que deben ter unha influencia considerable os compostos que alteran a produción da hormona tiroxina, chámense bocióxenos (presentes nalgúns alimentos habituais) ou disruptores hormonais. Por certo, os disruptores hormonais poden causar trastornos de conduta aos nosos alumnos adolescentes? Despois de todo, a falta da iodada tiroxina asóciase ao cretinismo.

18ª. Un elemento da última familia é o segundo elemento máis abundante do universo. Gústame o helio non só pola súa abundancia, nin porque é o produto das combustións estelares, nin sequera porque foi durante un tempo un elemento extraterrestre, que se achaba no Sol exclusivamente. A súa singularidade débese a que é case a única materia macroscópica na que se manifesta a mecánica cuántica: é imposible converter o helio en sólido por moito que arrefriemos; aínda hai outra razón ineludíbel: a maxia. Quen, ao observar o comportamento do helio superfluído, non tivo que esforzar a mente para crer que é real, e non maxia, o que está a ver? Aínda por riba, o helio ten un irmán, o helio tres, posible combustible nuclear futuro, que talvez suceda ao ouro, ao ouro negro, ao *coltan* ou ás terras raras nas apetencias humanas; e teremos que ir á Lúa para recollelo!... o próximo século.

Conclusión. O paciente lector que chegase ata aquí comprobou que para un vello profesor de química evocar aos elementos da táboa periódica é falar das súas inquietudes, preocupacións, intereses, simpatías, inimidades ou motivacións, en poucas palabras, é rememorar a súa propia vida. Primo Levi adiviñáralo!