

# El bagul dels llibres: 10. Gasos de vida, gasos de mort *The book chest: 10. Gases of life, gases of death*

Santiago Alvarez

Universitat de Barcelona. Departament de Química Inorgànica i Institut de Química Teòrica i Computacional

**Resum:** Dos moments històrics van tenir com a protagonistes diversos gasos. Primer, quan es van descobrir els gasos que componen l'aire, especialment l'oxigen, i els experiments amb gasos van fruir d'una popularitat que va saber captar el pintor Joseph Wright of Derby en un dels seus quadres de temes científicotècnics. Segon, quan els bàndols enfrontats en la Primera Guerra Mundial van decidir gasar l'enemic amb clor, gas mostassa o iperita. El caràcter dual dels gasos el comparteix un personatge enigmàtic d'aquesta història, el químic Fritz Haber.

**Paraules clau:** Llibres, química, oxigen, hidrogen, heli, gasos, guerra química.

**Abstract:** *Several gases played a main role in two historical milestones. First, when the gases that form the atmosphere and especially oxygen were discovered and experiments with gases became very popular, as depicted by painter Joseph Wright of Derby in one of his works on scientific-technical subjects. Second, when the two opposed sides of the First World War decided to gas the enemy with chlorine, mustard gas or yperite. The dual character of gases is shared by one of the main characters of this story, the chemist Fritz Haber.*

**Keywords:** *Books, chemistry, oxygen, hydrogen, helium, gases, chemical war.*

Es tractava d'un núvol de gas sense olor, a penes perceptible, podríem dir que era com una boira que s'enganxava a terra, l'efecte destructor de la qual sobre les cèl·lules es manifestava tan sols al cap de tres o quatre hores. Sulfur de diclorodietil, un compost oleaginos, polvoritzat en gotes minúscules, contra el qual cap màscara de gas no podia fer res.

Günter GRASS, *Mein Jahrhundert* (1999)

**E**l pastor anglicà Stephen Hales (1677-1771) és considerat un dels fundadors de la fisiologia vegetal. Els aparells que desenvoluparen ell i d'altres a la segona meitat del segle XVII per a l'estudi dels gasos facilitaren les posteriors investigacions de «química pneumàtica» de Joseph Black, Henry Cavendish, Joseph Priestley i Antoine Lavoisier. En el desenvolupament de la química moderna, doncs, l'estudi dels gasos desenvolupà un paper primordial que tenim tendència a menystenir, en una època en què pensem en química més aviat en l'estat sòlid i en solucions. Mirem avui enrere per posar l'atenció en alguns gasos que han tingut papers importants en la història dels darrers segles: gasos de vida, uns; gasos de mort, d'altres, i alguns amb papers duals. Pel que fa al gas de vida per excel·lència, l'oxigen, tan sols m'entretindrè en una repre-

sentació artística que hi té a veure. Una informació àmplia i detallada dels components de l'aire que respirem es pot trobar en un llibre de recent publicació, de lectura recomanable [1].

## Un ocell dins la bomba d'aire

Un dels avenços més importants en l'estudi dels gasos va ser la comprensió del paper dels components de l'aire per a la vida. La bomba d'aire inventada per Robert Boyle i Robert Hooke cap al 1660 li va permetre al primer demostrar que l'aire és necessari per a la combustió, per a la transmissió del so i per a la respiració. Un segle més tard, la naixent química moderna es desenvolupà en bona mesura gràcies a l'estudi dels gasos, cosa que portà Scheele, Priestley i Lavoisier al descobriment de l'oxigen com a component de l'aire i responsable final de la seva importància química i biològica.

El pintor Joseph Wright of Derby (1734-1797) [2] representà en un dels seus quadres més coneguts una de les demostracions científiques més populars al segle XVIII, la de col·locar un ocell en un globus de vidre al qual es practicava el buit (figura 1). Aquesta demostració ratificava, paradoxalment, amb la mort d'un ocell, l'aire com a gas de vida. Wright pintà una cacatua (*Nymphysus hollandicus*) dins la cambra transparent, destacada de la resta de l'escena per un magnífic joc de llums i ombres. Reproduïa així, possiblement, una de les demostracions que féu James Ferguson a Derby al voltant



FIGURA 1. *Experiment amb un ocell en una bomba d'aire*, de Joseph Wright of Derby (1768).

del 1762, encara que aquest considerava que l'ús d'un animaló viu era massa esgarrifós per al públic, i acostumava a emprar en el seu lloc una bufeta inflada o uns pulmons artificials.

D'aquesta obra, rica en detalls, podem destacar-ne alguns, com ara el fet que la lluentor del recipient de vidre prové d'una espelma situada al seu darrere que il·lumina per sota el globus amb la cacatua. O que sobre la taula apareixen també un parell de petites esferes de Magdeburg. També cal destacar la presència d'una petita ampolla i un tap de suro, que s'empraven en una demostració en què l'ampolla tapada es col·locava dins el globus, de manera que, en fer el buit, el tap saltava, enmig de l'admiració dels presents. Crida també l'atenció que es fes servir un ocell tan exòtic a l'Anglaterra d'aquell temps com és una cacatua, quan normalment s'usaven ocells més comuns, com tords, merles o gorrions, cosa que ens suggereix que Wright va triar aquest ocell per fer ressaltar l'efecte dramàtic de l'escena.

Tampoc no tenen pèrdua els personatges presents a l'obra i les seves actituds. D'una banda, tenim la figura del demostrador, que té la mà esquerra sobre una clau de pas amb la qual pot trencar el buit abans no mori l'ocell, i dirigeix el seu esguard sobre l'observador, com demanant-li que prengui una decisió sobre la vida o la mort de la cacatua. Els espectadors que l'envolten estan molt atents a l'experiment, a excepció d'una parella d'enamorats que es miren l'un a l'altre amb tendresa. També podem observar que un home al fons manté un rellotge a la mà, com si estigués cronometrants la resistència de l'ocell a l'absència d'aire.

Joseph Wright of Derby va ser també l'autor d'altres obres que mostren el seu interès per la ciència i la tecnologia, com són *Un filòsof impartint una conferència sobre el planetari* i *L'alquimista a la recerca de la pedra filosofal*. Aquesta, molt interessant també per als químics, descriu el descobriment del fòsfor per part de Thomas Brandt. També podem destacar diversos quadres que descriuen una farga o bé l'*Estudi d'interior d'una fàbrica de vidre*. Wright era membre de la Lunar Society, que es reunia un cop al mes per fer experiments i discutir les darreres novetats en matèria de química, electricitat, medicina i altres temes. Entre els membres d'aquesta societat, hi havia James Watt, Erasmus Darwin i Joseph Priestley.

## Clor, gas mostassa i iperita

El 22 d'abril de 1915, un gas va entrar a formar part de l'omnín catàleg de materials emprats per a la guerra. El va emprar l'Exèrcit alemany prop d'Ieper, Bèlgica, i va aconseguir produir unes sis mil baixes en l'Exèrcit francès. Molts moriren asfixiats i amb els pulmons destrossats. D'altres quedaren cecs. Encara d'altres fugiren de les trinxeres envaïdes pel gas tan sols per morir cosits a trets per l'intens foc enemic. L'Exèrcit alemany també en patí les conseqüències, ja que el gas el van alliberar manualment dels cilindres, confiant que el vent dominant el transportaria cap a les files enemigues, però nombrosos soldats alemanys van resultar ferits o morts. A penes una setmana després, la revista *Nature* publicava una nota en què s'analitzava la possible naturalesa d'aquest gas: algun diari havia parlat de monòxid de carboni, però la revista científica, després de discutir les dades disponibles, arribava a la conclusió que es devia tractar de diòxid de sofre o de clor.

En l'obra autobiogràfica *Goodbye to All That* (1929), el poeta, novel·lista i assagista Robert Graves (1895–1985) narra les seves experiències durant la Primera Guerra Mundial, inclosos diversos episodis d'atacs amb gasos tòxics i els seus efectes sobre els soldats: «Entre els ferits hi havia un gran nombre d'homes amb els rostres groguencs i tremolosos. Tenien els botons tenyits d'un color verd: havien estat víctimes del gas».

L'ús de clor per atacar l'enemic va ser proposat i supervisat pel químic Fritz Haber, també conegut per haver desenvolupat

pat el mètode de Haber per a la síntesi de l'amoníac. La dona de Fritz Haber, Clara Immerwahr, una de les primeres dones a obtenir un doctorat en química a Alemanya, es va oposar als plantejaments de guerra química del seu marit, fins al punt que una setmana després del primer atac amb clor a Ieper es va suïcidar d'un tret. El seu fill, Hermann, nascut el 1902, acabaria també suïcidant-se el 1946, poc després que la seva dona morís de càncer. Ludwig («Lutz») Fritz Haber (1921-2004), fill del segon matrimoni de Haber, es convertiria en un eminent historiador de la guerra química durant la Primera Guerra Mundial [3]. Format com a economista a la London School of Economics de Cambridge, va treballar en empreses químiques com ICI i Esso, i va escriure llibres d'història de la indústria química. Segons ell, Fritz Haber «era una ment brillant i un organitzador extremament enèrgic, amb determinació, i possiblement també poc escrupolós». Els aliats declararen Fritz Haber criminal de guerra, perquè la utilització de clor com a gas de guerra contravenia un acord internacional del 1907 contra l'ús d'armes verinoses, i en demanaren l'extradició, cosa que el va forçar a emigrar a Suïssa. Fins a la seva mort, Haber defensà les armes químiques amb l'argument que eren més ètiques que les armes convencionals.

No era la primera vegada, però, que hom intentava emprar gasos a la Primera Guerra Mundial. L'agost de 1914, l'Exèrcit britànic llençà granades de gasos lacrimògens al front occidental. L'octubre del mateix any, a Neuve-Chapelle (França), els alemanys dispararen tres mil projectils amb l'irritant clor-sulfat de dianisidina sobre l'Exèrcit britànic, tot i que el verí es destruï amb l'explosió. En un altre intent fallit, l'Exèrcit alemany disparà divuit mil projectils amb bromur de xilil contra els militars russos. A causa de les baixes temperatures, però, el verí no s'arribà a vaporitzar i l'atac resultà un fracàs.

Després del primer atac amb clor, els alemanys van atacar el front occidental amb un altre gas tòxic, el fosgen. I dos anys més tard, el juliol de 1917, a la mateixa localitat d'Ieper, encara dins la Primera Guerra Mundial, es va produir un altre debut, el del gas mostassa, anomenat més tard *iperita*. Es tracta del bis(cloroetil)mercaptà, que, amb el temps, ha donat lloc a tota una família de gasos mostassa que tenen en comú la presència d'un o més grups tioèter dins una cadena alifàtica amb un àtom de clor als extrems de la cadena (figura 2). En la citació que obre aquest article, Günter Grass es refereix a aquest gas desenvolupat per Fritz Haber, ja que, el juny de 1918,

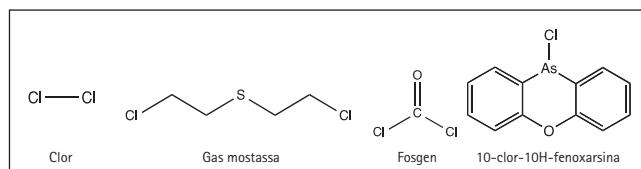


FIGURA 2. Gasos tòxics emprats a la Primera Guerra Mundial.

van ser els aliats els qui van atacar amb gas mostassa l'Exèrcit alemany.

Després de l'experiència dramàtica dels gasos emprats en la Primera Guerra Mundial, aquest tipus d'armament no va tenir cap paper rellevant en la Segona Guerra Mundial. Tot i això, hi hagué un important esforç propagandístic a final de la dècada de 1930 per mentalitzar la població sobre la manera de minimitzar els riscos en cas de guerra química. Vet aquí sengles llibres publicats el mateix any, 1938 (figura 3). El primer va ser escrit per James Kendall, professor de química a la Universitat d'Edimburg; el segon, pel metge llibertari Juan Morata Cantón. Tot i la diferent situació en què es trobaven els dos autors, en un clima prebèl·lic el primer i en plena Guerra Civil el segon, tots dos llibres tenen molts trets en comú. Ambdós pretenen conscienciar la població dels riscos d'un atac amb gasos i de la manera de contrarestar-los, amb una particular atenció a les màscares antigàs (figura 4) i als refugis. Ambdós també volen transmetre el missatge que el perill més gran dels gasos de guerra és el psicològic d'aterrir la població i desmoralitzar les tropes.

James Pickering Kendall (1889-1978) havia treballat a Estocolm amb Arrhenius fent estudis sobre l'electròlisi i havia estat professor a la Universitat de Columbia, a Nova York. Des-

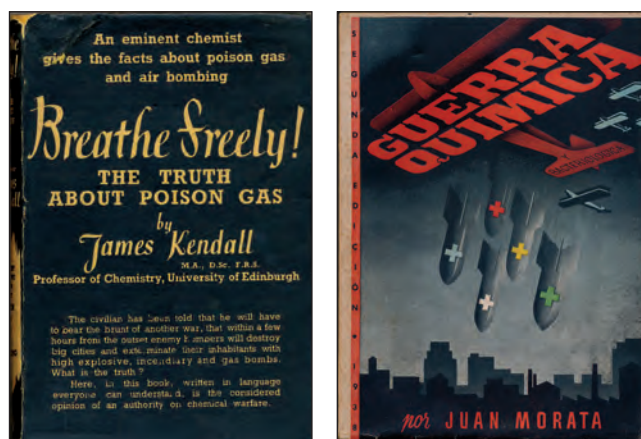


FIGURA 3. Portades dels llibres *Breathe Freely!*, de James Kendall, i *Guerra química*, de Juan Morata, publicats el 1938.

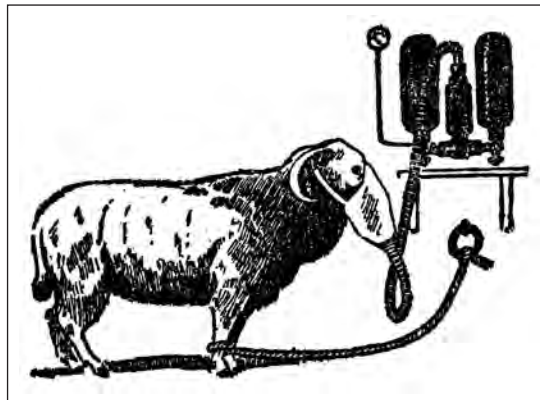


FIGURA 4. Oficinista i marrà portant màscares davant l'amenaça d'un atac amb gasos, segons Morata [4].

prés d'un temps treballant al United States Naval Research com a oficial de contacte amb els serveis aliats d'armament químic, tornà a Columbia com a catedràtic el 1922. Al seu llibre, Kendall posa molt èmfasi a criticar els «alarmistes», inclòs el novel·lista H. G. Wells, per la seva obra *The Things to Come*. També coincideix amb molts historiadors de la Primera Guerra Mundial en el fet que el nombre de baixes produïdes per gasos durant aquest conflicte va ser molt menor que el degut a les armes convencionals.

Julian Wagstaff, músic escocès, ha compost una òpera amb el mateix títol, inspirada en l'autor del llibre i basada en fets reals. L'òpera narra la història del tinent Stanislaw Hempel, un químic i activista polonès que arriba a Escòcia el 1943, al laboratori de Kendall, on coincideix amb la doctora Chrissie Miller, la primera dona admesa com a *fellow* de la Royal Society of Edinburgh. L'obra planteja aspectes morals sobre el paper dels científics en temps de guerra i de pau, si bé té també tocs d'humor. L'òpera, encarregada per l'Escola de Química de la Universitat d'Edimburg, va ser estrenada el 2013 i en breu hi haurà disponible una gravació en CD.

Molt abans de la Primera Guerra Mundial, ja s'havia produït alguna mort per gasos verinosos, i es coneixien les màscares antigàs, almenys en la ficció. A la novel·la *Kenilworth*, de Walter Scott (1821), apareix un laboratori on Alasco, un home molt hàbil en la destil·lació de cossos simples i un autèntic químic, es dedica a fondre, flamejar, bufar i desxifrar. Malauradament, l'excel·lent químic se'n va anar a l'altre món després de realitzar perillosos experiments amb uns gasos molt verinosos, ja que tingué la mala sort que la mascareta que li cobria la cara li caigué.

No només els gasos tòxics són considerats armes químiques, ja que, segons el Conveni sobre Armes Químiques, es defineix com a *arma química* aquell producte químic que pot causar la mort, incapacitació temporal o dany permanent a persones o animals. Es va donar un cas curiós als EUA el 2006 [5] d'una dona, Carol Anne Bond, que intentà enverinar la seva millor amiga per tenir relacions amb el seu marit, acció per a la qual emprà dicromat de potassi i 10-clor-10H-fenoxarsina, que pot ser mortal per ingestió. Aquesta dona va ser jutjada i condemnada per ús d'armes químiques, sentència que va ser corregida posteriorment pel Tribunal Suprem, que decidí que no es pot aplicar la definició d'*arma química* a una metzina administrada a una sola persona.

## Cianur d'hidrogen

El cianur d'hidrogen o àcid cianhídric és summament verinós, ja que bloqueja les proteïnes responsables del transport d'electrons dins l'organisme i impedeix la respiració cel·lular. Aquest gas forma part de la història de la infàmia humana perquè va ser utilitzat a les cambres de gas dels camps d'extermini nazis sota la forma comercial coneguda com a Zyklon B. Aquest gas, però, s'havia comercialitzat des de final del segle XIX per a aplicacions sanitàries, des que la seva utilització el 1886 va permetre controlar la plaga de cotxinilla acanalada (*Icerya purchasi*) que estava acabant amb els tarongers de Califòrnia. Sembla que les primeres aplicacions sanitàries de l'àcid cianhídric a Europa es van fer a Màlaga el 1910 [6], i l'any següent es creà el Centro Técnico de Fumigación, una empresa que va tenir seu a Madrid, Barcelona i València, i que oferia generadors d'àcid cianhídric com el model del 1927 que es veu a la figura 5.

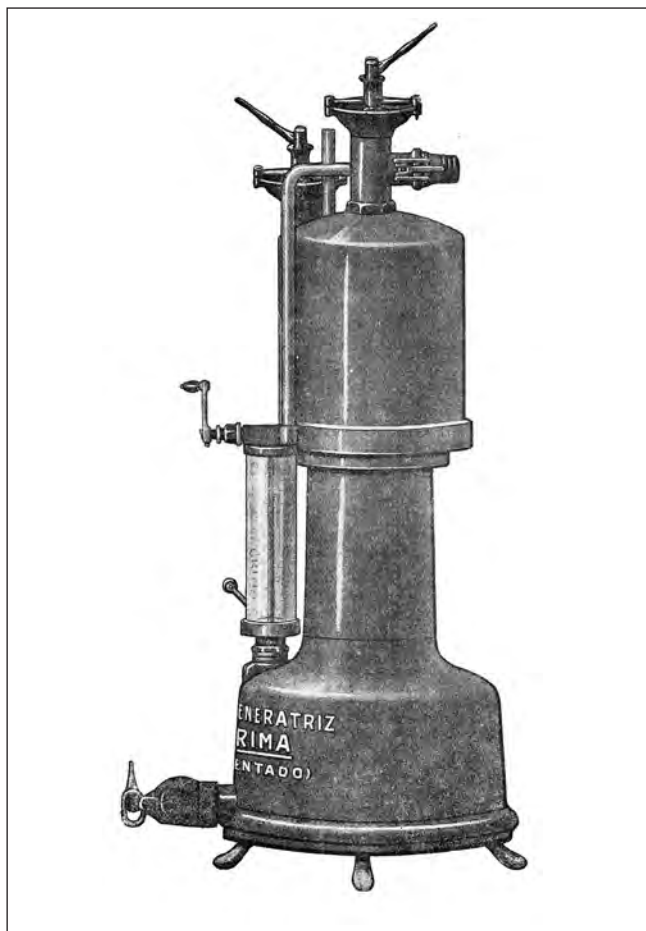


FIGURA 5. Generador d'acid cianhídric per a usos sanitaris comercialitzat al voltant del 1927.

## Hidrogen i heli

L'hidrogen i l'heli, per aquest ordre, són els elements més abundants a l'univers i, també per aquest ordre, els més lleugers de tots els gasos. Per això tots dos són ideals per inflar globus i dirigibles que flotin a l'aire. I per això el primer globus que portava aquest gas [7], tal com havia proposat Joseph Black, dissenyat i construït per Jacques Charles i els germans Robert, es va enlairar el 27 d'agost de 1783 (figura 6). El primer globus tripulat s'accepta que va ser el dels germans Joseph Michel i Jacques Étienne Montgolfier, el 1783, però aquest se sostenia per aire calent. El primer vol tripulat en un globus sostingut per hidrogen va tenir lloc molt poc després, l'1 de desembre de 1783, als jardins de les Tulleries de París. El globus l'havien construït també Jacques Charles i els germans Robert.

Entre les novetats dels dirigibles construïts per Ferdinand von Zeppelin a partir del 1900, destaquen que tenien una estruc-

tura rígida, que eren de grans mides, que tenien dos motors de combustió que impulsaven dos propulsors cadascun, que podien viatjar llargues distàncies i que admetien un nombre més elevat de passatgers. Durant molts anys, els dirigibles de Zeppelin, plens d'hidrogen, van emprar-se per a aplicacions civils i militars, inclosos viatges transoceànics. Malgrat un accident a Echerdingen el 1908, el zepelí continuà desenvolupant-se i participà en atacs aeris durant la Primera Guerra Mundial. A partir del 1928, va començar a fer vols transoceànics fins al 1937, quan un accident, amb la consegüent explosió de l'hidrogen (figura 7), va posar fi a aquest tipus d'aeronaus. Gray i d'altres expliquen els detalls de l'accident que va patir el dirigible anomenat *Hindenburg* [8]. Curiosament, aquest zepelí estava preparat per volar amb heli, però, sota la llei de control de l'heli, l'únic proveïdor mundial d'aquest gas limitava la seva venda tan sols a alguns països.

Dos segles més tard, els transbordadors espacials també depenen de l'hidrogen, però ara com a combustible, de manera que



FIGURA 6. El primer globus tripulat sostingut per hidrogen gasós. Imatge de la United States Library of Congress.

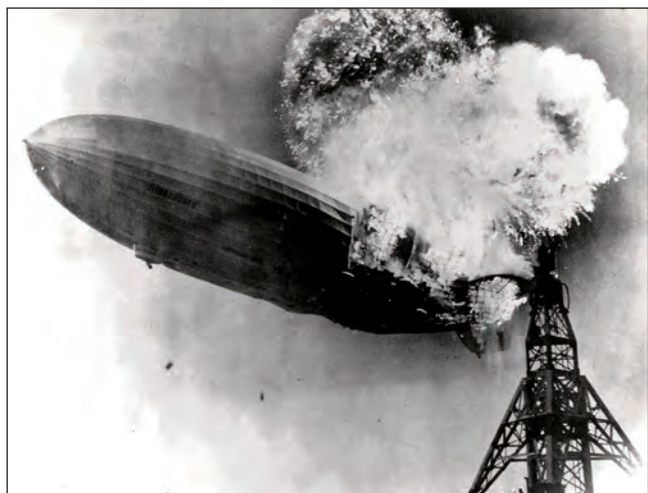


FIGURA 7. El zepelí LZ 129 *Hindenburg* en flames el 6 de maig de 1937, a l'estació naval aèria de Lakehurst, Nova Jersey. Imatge de domini públic.

cada vol d'una d'aquestes aeronaus consumeix prop d'uns dos milions de litres d'hidrogen líquid. Malgrat l'àmplia experiència desenvolupada per la NASA en la manipulació segura de l'hidrogen, el 1986, una junta no va complir correctament amb la seva tasca de segellar el tanc de combustible i es va produir una fuga d'hidrogen. A part de desestabilitzar la nau, els diversos problemes que va generar van acabar facilitant també una fuga del tanc d'oxigen i la consegüent deflagració (figura 8).

Jules Verne, a *L'illa misteriosa* (1874), havia predit que l'hidrogen i l'oxigen constituïrien una font inesgotable d'energia. Les cel·les de combustible actuals permeten la combinació química d'aquests dos elements per produir aigua de forma segura, sense la necessitat d'activació per una guspira. Els reptes que encara hem d'acabar de resoldre són la generació d'hidrogen a partir de l'aigua mitjançant una energia renovable, com ara l'energia solar, i l'emmagatzematge segur d'aquest element que permeti el seu transport generalitzat i la seva utilització *in situ*.

L'heli, per la seva banda, és tan inert que no té cap dels riscos de l'hidrogen. Descobert per Jansen i Lockyer el 1868 per l'espectre obtingut en un eclipsi de sol a l'Índia, el va trobar Ramsay per primera vegada a la Terra en un mineral d'urani el 1895. L'heli es forma en la naturalesa per la desintegració de nuclis pesants radioactius en forma de partícules alfa que, en capturar dos electrons, formen l'àtom neutre. El 1905 es va trobar a la Universitat de Kansas City (Hamilton Cady i David McFarland) que l'heli apareix associat al gas natural en alguns



FIGURA 8. Imatge de la catàstrofe del transbordador espacial *Challenger* el 28 de gener de 1986 sobre l'oceà Atlàntic. Imatge de Wikimedia Commons.

jaciments. Com que en aquell moment es pensava que l'heli seria un producte estratègic per a la seva utilització en les aeronaus de tipus zepelí, se'n va crear una reserva nacional, la US National Helium Reserve, prop d'Amarillo, Texas.

L'any 1996, els EUA van aprovar una llei segons la qual la reserva nacional d'heli s'havia de vendre per complet pel 2015. Això ha tingut dos efectes. A curt termini, va fer baixar el preu de l'heli i en va fer inviable econòmicament el reciclatge. A llarg termini, un cop esgotada la reserva, s'espera que es produeixi una escassetat d'heli i una forta pujada del preu. Això afectaria, entre d'altres, els bussejadors, ja que l'heli s'utilitza en els tancs de busseig perquè a altes pressions és menys soluble que el nitrogen. Aquest darrer, un cop dissolt en la sang, pot formar bombolles en reduir-se la pressió durant l'ascens, i pot obstruir els capil·lars, cosa que no fa l'heli.

## Reflexió final

Com el déu Janus, els gasos tenen dues cares. Ho hem vist en el cas de l'hidrogen. Però també el clor, del qual aquí hem vist la cara dolenta com a gas de guerra, té moltes aplicacions útils per a la humanitat. Per posar tan sols un exemple, el més quotidià, l'empreu dissociat formant hipoclorit en el lleixiu que fem servir per netejar i desinfectar. Penseu en l'ozó, ja que, segons Giménez [1]: «Poques substàncies com l'ozó poden comportar-se de formes tan oposades. L'ozó, a grans altituds, ens protegeix dels efectes massivament destructors de la radiació ultraviolada. L'ozó proper, el que es forma a la superfi-

cie, és perjudicial per a la salut, perquè provoca molts problemes respiratoris».

I què direm del metà, que, en forma de gas natural, és una font d'energia difícilment prescindible per a la humanitat, mentre que, en forma de gas grisú, ha estat responsable de grans catàstrofes mineres. O del diòxid de carboni, tan necessari per a la vegetació, tan agradable quan ascendeix per una copa de cava, però que, abocat a l'atmosfera en proporcions exagerades, pot portar el nostre planeta a un escalfament no desitjat.

Aquest mateix caràcter dual, l'hem trobat en un dels personatges que ha aparegut als llibres del nostre bagul, el químic Fritz Haber, que va afavorir el desenvolupament de la humanitat posant al seu abast fertilitzants per produir aliments suficients, alhora que es va entestar a aplicar els seus coneixements químics per fer de la guerra quelcom encara més esgarrifós del que ja era.

## Referències

- [1] GIMÉNEZ, X. *L'aire que respirem*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2013.
- [2] EGERTON, J. *Joseph Wright of Derby*. París: Réunion des Musées Nationaux, 1990.
- [3] HABER, L. F. *The Poisonous Cloud: Chemical Warfare in the First World War*. Oxford: Clarendon Press, 1986.
- [4] MORATA, J. *Guerra química y bacteriológica*. 2a ed. Barcelona: Artes Gráficas Vior, 1938.
- [5] TRAGER, R. «Attempted poisoning wasn't chemical warfare, court rules». *Chem. World* (10 juny 2014), p. 11.
- [6] GRIMA, C. T. d. F. *Aplicaciones sanitarias del ácido cianhídrico*. València: Imprenta Elzeviriana, s. d. (posterior al 1927).
- [7] GROCHALA, W. «First there was hydrogen». *Nature Chem.*, núm. 7 (2015), p. 264.
- [8] GRAY, H. B.; SIMON, J. D.; TROGLER, W. C. *Braving the Elements*. Sausalito: University Science Books, 1995.



S. Alvarez

**Santiago Alvarez** va néixer a Panamà i estudià química a Barcelona. És catedràtic de química inorgànica a la Universitat de Barcelona i la seva recerca s'orienta a l'estudi de l'estructura electrònica, l'enllaç, la forma molecular i la simetria dels compostos de metalls de transició. Des del 2003 publica aquesta secció, que ha dedicat a llibres relacionats amb el món de la química en temes com la comunicació visual, el color, les formes, els miralls, el magnetisme, els elements químics, les dones i els llibres de química o els catecismes químics.