

molècules
que ens
han canviat
la vida



Institut
d'Estudis
Catalans

Secció de Ciències i Tecnologia

12 de novembre de 2021

a

1 d'abril de 2022

GUIA BREU DE L'EXPOSICIÓ

Els noranta elements químics que trobem a la Terra donen lloc a milions de molècules. Fer una selecció d'un nombre relativament petit, exigència òbvia a l'hora de preparar una exposició, no és una qüestió trivial. Fins i tot no ho és quan l'objectiu és mostrar aquelles molècules que han contribuït a millorar la nostra qualitat de vida. Només cal entrar en una farmàcia per a comprovar que n'hi ha moltíssimes que compleixen aquesta funció!

Les molècules escollides per a aquesta exposició compleixen un requisit addicional: no només ajuden a viure més i millor, sinó que el seu descobriment ha representat un sotrac en el món científic perquè han ampliat i enriquit les bases del coneixement o bé perquè han contribuït a resoldre problemes pendents de solució durant molts segles. D'aquests problemes, els milions de persones mortes per malalties infeccioses en són el millor exemple.

Aquesta guia ofereix, a partir dels textos dels plafons i seguint el mateix ordre de l'exposició, una breu explicació de les raons per les quals cadascuna de les deu molècules escollides compleix els criteris anteriors i, en conseqüència, forma part del conjunt de «Molècules que ens han canviat la vida».

Des del punt de vista químic, els sabons i la major part dels detergents són molt similars. En tots dos casos es tracta de la sal sòdica d'un àcid orgànic de cadena llarga en què el nombre d'àtoms de carboni és generalment parell i varia entre quatre i vint-i-vuit. En el cas del sabó, la matèria primera són els greixos animals o vegetals i, en el cas dels detergents, són derivats del petroli.

Originàriament, l'interès del sabó es basava en possibles aplicacions terapèutiques. Tanmateix, quan els nostres avantpassats tractaven greixos amb extractes de cendres de certes plantes, en realitat no estaven produint sabó, sinó greixos emulsionats que no tenien poder detergiu. Fins a finals del segle XVIII, la poca qualitat i l'elevat preu del sabó van ser la causa d'un baix nivell d'higiene i de l'existència de les plagues més devastadores.

Els descobriments de Nicolas Leblanc (1742-1806) i Ernest Solvay (1838-1922) van fer possible la substitució de la cendra d'origen vegetal per hidròxid sòdic, fet que va marcar l'inici de la producció industrial del sabó. A començaments del segle XX, la substitució dels greixos naturals per compostos químics, generalment derivats del petroli, va representar l'inici de la indústria dels detergents sintètics, la millora constant de les propietats netejadores i la introducció de les màquines de rentar.

Sabeu per què rentar-se les mans amb sabó és un procediment eficaç per a evitar la infecció per coronavirus?

La nitroglicerina està associada a Alfred Nobel: un potent explosiu que li va permetre ampliar notablement el negoci de producció d'armament iniciat pel seu pare. La intel·ligència i preparació d'Alfred Nobel eren clarament excepcionals. Això explica la seva habilitat per a convertir la gran fortuna obtinguda amb la venda d'explosius en els premis més valuosos per a la comunitat científica.

Alfred Nobel és conegut a tot el món pel seu llegat en forma dels cinc premis, atorgats anualment des del 1901, a les persones que han fet les contribucions més rellevants per al bé de la humanitat.

A part de ser un explosiu, la nitroglicerina també té aplicacions en la construcció, en la mineria i en la salut humana, com a vas dilatador potent. No és infreqüent que els elements i els compostos químics tinguin aplicacions molt positives i també aplicacions molt negatives. Tot depèn de com s'utilitzin.

EL CLOR

Imprescindible per a la potabilització de l'aigua, el clor suposa la contribució més important per a la salut humana

La fam, les guerres i les malalties infeccioses han estat les principals causes de mortalitat de l'espècie humana. Al llarg dels segles, la manca general d'higiene i l'abocament dels residus i excrements directament a les aigües han donat lloc a veritables catàstrofes demogràfiques.

El treball de científics com Edward Jenner (1749-1823), pioner de la immunització, i Ignaz Semmelweis (1818-1865), pioner de l'antisèpsia, va ser cabdal per a obrir la porta a la teoria microbiana de les malalties infeccioses. Aquesta teoria va ser definitivament establerta gràcies a Louis Pasteur (1822-1895), pare de la microbiologia, i Robert Koch (1843-1910), pare de la bacteriologia.

La primera constància de desinfecció d'aigua d'abastament amb clor a Catalunya correspon a l'any 1914, durant l'epidèmia de febre tifoide a Barcelona.

El clor elemental (Cl_2) o en forma d'hipoclorit o de diòxid de clor és el desinfectant de l'aigua més utilitzat al món per la seva efectivitat, el baix cost i la facilitat d'ús. Lamentablement, el clor en forma elemental va ser utilitzat com a gas letal durant la Primera Guerra Mundial.

L'AMONÍAC

La síntesi de l'amoníac... o com convertir l'aire en pa

L'amoníac (NH_3) és una molècula molt simple —tan sols un àtom de nitrogen unit a tres àtoms d'hidrogen—, però no és fàcil de trobar a la natura ni de sintetitzar. És molt soluble en aigua i sovint s'utilitza en solució aquosa. És fonamental per a assegurar l'alimentació al món perquè serveix per a fer fertilitzants.

Tanmateix, la síntesi de l'amoníac no és un procés senzill. Fritz Haber (1868-1934) i Carl Bosch (1874-1940) són els químics que van fer possible el somni. El primer va trobar la manera d'obtenir amoníac a partir del nitrogen de l'aire, en el laboratori, i el segon en va fer possible la producció a escala industrial. Tots dos van ser guardonats amb el Premi Nobel.

La producció anual d'amoníac és de cent cinquanta milions de tones. És, mundialment, el procés de síntesi química més important. Aquesta capacitat productiva podria alimentar gairebé dotze mil milions d'habitants (la població mundial actual és, aproximadament, de vuit mil milions).

La fam al món no és un problema tècnic. És un problema amb solució.

El descobriment i desenvolupament de la penicil·lina té tots els ingredients d'una novel·la d'intriga. La història va començar el setembre del 1928 quan Alexander Fleming va descobrir que la colònia d'un fong (*Penicillium notatum*) que havia crescut espontàniament en els seus cultius de bacteris (*Staphylococcus aureus*) havia produït una substància, a la qual va anomenar *penicil·lina*, que inhibia el creixement dels bacteris. Molt menys conegut és un altre fet cabdal: en la dècada de 1930 Howard W. Florey i Ernst B. Chain van realitzar els assajos clínics que permeten utilitzar la penicil·lina per a combatre infeccions en éssers vius. Tots tres van rebre el Premi Nobel.

Tanmateix, l'obtenció de quantitats importants de penicil·lina va presentar dos grans problemes: 1) els equipaments científics de l'època no permetien establir-ne inequívocament l'estructura química, i 2) sense conèixer-la no era possible abordar la síntesi en el laboratori. L'única alternativa que quedava, gens senzilla, era intentar optimitzar el rendiment de la biosíntesi. L'any 1945, Dorothy C. Hodgkin, Premi Nobel de Química del 1964, va determinar l'estructura de la penicil·lina per difracció de raig X. El 1957, John C. Sheehan en va aconseguir la síntesi total en el laboratori.

Actualment, *penicil·lina* és el nom genèric d'una família d'antibiòtics que tenen la fórmula molecular $C_9H_{11}N_2O_4SR$. L'estructura del fragment $\{C_9H_{11}N_2O_4S\}$, comú per a tots els membres de la família, en determina les propietats bactericides, mentre que el radical R en modula les propietats farmacològiques.

Apleguem sota el nom *càncer* un gran nombre de malalties caracteritzades pel desenvolupament anormal de les cèl·lules, les quals es divideixen de manera incontrolada i tenen la capacitat d'infiltrar-se i destruir teixits sans del cos. Es considera que aproximadament un milió i mig d'europers moriran de càncer aquest 2021.

A mitjans de la dècada del 1960, Barnett Rosenberg va estudiar els efectes del corrent elèctric en la divisió cel·lular. En aplicar un corrent elèctric a un cultiu bacterià a través d'elèctrodes de platí, va observar que les cèl·lules s'alteraven substancialment a causa del complex *cis*- $[PtCl_2(NH_3)_2]$ que s'havia format en la solució. Després de fer estudis *in vivo*, el cisplatí va passar a la fase d'assaigs clínics i l'any 1978 va ser aprovat als Estats Units per a tractar el càncer testicular i el d'ovari. També s'ha administrat per a altres tipus de càncer en combinació amb més fàrmacs.

Avui se sap que el cisplatí interacciona amb les bases del DNA causant alteracions estructurals, les quals n'impedeixen la replicació i, en conseqüència, produeixen la mort cel·lular. Ara bé, el fet que el cisplatí, com la majoria d'agents quimioterapèutics, no diferenciï les cèl·lules canceroses de les sanes, provoca efectes no desitjables. A fi d'evitar-los s'estan assajant nous procediments, com la teràpia dirigida, la radioteràpia d'elevada precisió i la immunoteràpia o teràpia biològica.

El mot *anestèsia* significa etimològicament 'insensibilitat'. La finalitat principal de qualsevol anestèsia és evitar el dolor. La cerca de remeis contra el dolor ja està documentada en civilitzacions com la dels babilonis, els grecs (utilitzaven la planta de l'opi o la mandràgora) o els xinesos (empraven l'acupuntura).

El 1800 Humphry Davy va proposar l'ús de l'òxid nitrós (N₂O) per a disminuir el dolor en les intervencions quirúrgiques. L'òxid nitrós es coneix com el *gas hilarant* perquè produeix estats d'eufòria. Va ser el primer indicatiu que els sentiments podien ser susceptibles a la química.

Des de mitjan segle XIX, compostos volàtils, com l'èter dietílic i el cloroform, s'utilitzen com a anestèsics en odontologia i en obstetrícia. L'èter es va seguir utilitzant fins a mitjan segle XX, quan es van descobrir agents inhalatoris més potents, més fàcils de manejar i amb menys efectes secundaris, com l'halotà, que és un halur d'alquil.

Paral·lelament, es van desenvolupar anestèsics intravenosos i es van descobrir els barbitúrics a principis del segle XX (barbital, fenobarbital). El 1934 va aparèixer el barbitúric tiopental o pentotal sòdic, que es va utilitzar fins que el 1973 va ser substituït pel propofol, que és l'agent intravenós més utilitzat actualment. El doctor John B. Glen, guardonat el 2018 amb el Premi Lasker-DeBakey pel descobriment del propofol, també ha desenvolupat màquines, avui presents a totes les sales d'operacions, per a mantenir els pacients anestesiats i totalment monitorats.

Els anestèsics generals i locals, amb mecanismes diferents, impedeixen la connexió entre neurones. La possibilitat de fer un bloqueig temporal i reversible del sistema nerviós ha estat cabdal per al desenvolupament de totes les especialitats quirúrgiques i per a l'aplicació de les tecnologies de la imatge amb finalitats diagnòstiques.

L'escorbut afectava greument les tripulacions dels viatges oceànics de llarga durada. En el segle XVIII, la Gran Bretanya tenia una flota massa important per a no intentar trobar remei a la malaltia. El 20 de maig de 1747, James Lind, metge de la Marina britànica, va dur a terme el primer assaig clínic de la història. I va concloure que l'escorbut es curava amb una dieta que inclogués cítrics.

Van haver de passar gairebé cent cinquanta anys perquè es comencés a estudiar la relació entre determinades malalties i la dieta alimentària.

El concepte de vitamina va ser introduït l'any 1912 pel bioquímic polonès Casimir Funk, que va aïllar la tiamina (vitamina B₁). La primera meitat del segle XX va ser l'edat d'or del món de les vitamines. Metges i bioquímics treballaven intensament per trobar la relació de determinades malalties amb la dieta. Els descobriments científics en el camp de les vitamines van ser mereixedors de deu premis Nobel.

Les vitamines són substàncies orgàniques necessàries en petites quantitats per al bon funcionament de les funcions vitals. Els humans no tenen capacitat per a sintetitzar-les i, per tant, s'han d'obtenir a partir d'una dieta variada. Per a cada vitamina cal una concentració determinada: ni defecte ni excés.

Amb el nom *plàstics* es designa un conjunt de materials sintètics de naturalesa polimèrica, formats per macromolècules orgàniques en què el carboni és l'element químic protagonista. Es caracteritzen per ser fàcilment modelables mitjançant calor i pressió.

El descobriment del polietilè, l'any 1933, va ser accidental i es va mantenir en secret durant uns quants anys per raons militars. El polietilè és: *a*) el plàstic més comú en ús actualment, *b*) produït per l'home a partir de l'etilè, *c*) el més simple de tots els polímers, *d*) el plàstic més barat, i *e*) químicament inert, físicament tenaç, flexible, resistent i un bon aïllant elèctric. A partir del 2017, cada any se'n produeixen més de cent milions de tones, que representen el 34 % del mercat total de plàstics (les condicions de fabricació en determinen l'estructura).

No es pot negar l'efecte positiu dels plàstics, però cal fer-ne un ús responsable i sostenible. Per a evitar els problemes de contaminació, cal eliminar el consum de plàstics d'un sol ús, substituir els plàstics tradicionals per plàstics biodegradables i reutilitzar els materials plàstics, transformant productes vells en altres de nous.

* El polietilè, per la seva naturalesa polimèrica, no respon estrictament a la definició química de *molècula*.

El silici, malgrat la seva abundància a la Terra (27 % en massa), no es troba mai com a element pur, sinó que sempre està combinat amb l'oxigen formant diòxid de silici (SiO_2) o silicats.

Des de la dècada dels anys cinquanta del segle xx, el silici és el protagonista de la revolució tecnològica més important de la història, atès que és l'element semiconductor essencial en la microelectrònica.

El naixement de la microelectrònica se situa l'any 1947, quan William B. Shockley, John Bardeen i Walter H. Brattain, treballant als ATT Bell Laboratories, van inventar el transistor, un dispositiu que permet amplificar, controlar o generar senyals elèctrics. Els transistors són els components clau de tota l'electrònica moderna. La seva part activa està formada per un material semiconductor, que en general és el silici. El 1956, Shockley, Bardeen i Brattain van ser guardonats amb el Premi Nobel.

L'obtenció de silici ultrapur és un procés difícil i costós que implica la formació d'un monocristall cilíndric (mètode de Czochralski), a partir del qual s'obtenen les oblies que avui arriben a ser de 25 cm de diàmetre. En aquestes oblies es fabriquen els xips, els quals inclouen dispositius electrònics miniaturitzats i les seves interconnexions.

A més a més del silici, perquè funcionin els ordinadors, les tauletes i els telèfons mòbils es necessita tàntal, estany, tungstè i or, que s'obtenen dels anomenats *minerals de sang*, perquè són causa de conflictes bèl·lics. Sense les extraccions d'aquests minerals al Congo, no hi hauria mòbils, però els dispositius que ens envolten cada dia ja han causat cinc milions de morts.

* El diòxid de silici, per la seva naturalesa polimèrica, no respon estrictament a la definició química de *molècula*.

CONSIDERACIONS FINALS

- En els darrers **200 anys** les nostres condicions de vida han millorat molt més que en tots els segles anteriors.
- Avui, a Europa, una persona viu, de mitjana, **46 anys més** que una de nascuda el **1800**.
- Les molècules d'aquesta exposició palesen que un bon ús de **la química permet viure més i millor**.
- Us engresqueu a ser els protagonistes de **descobriments que encara estan pendents?**