

11=1.

12 Li = 7 <sup>16</sup>	Be = 9 <sup>15</sup>	B = 11	C = 12	N = 14 <sup>17</sup>	O = 16 <sup>16</sup>	F = 19 <sup>16</sup>
13 Na = 23 <sup>16</sup>	Mg = 24 <sup>16</sup>	Al = 27	Si = 28	P = 31 <sup>20</sup>	S = 32 <sup>20</sup>	Cl = 35 <sup>20</sup>
16 K = 39 <sup>16</sup>	Ca = 40 <sup>16</sup>	? = 45	Fe = 50	V = 51 <sup>20</sup>	Cr = 52 <sup>20</sup>	Mn = 55 <sup>20</sup>
17 Cu = 63 <sup>24</sup>	Zn = 65 <sup>25</sup>	"	"	As = 75 <sup>24</sup>	Se = 79 <sup>27</sup>	Br = 80 <sup>23</sup>
Rb = 85 <sup>22</sup>	Sr = 87 <sup>22</sup>	"	Li = 90	Nb = 94 <sup>19</sup>	Mo = 96 <sup>17</sup>	Ko = 104 <sup>23</sup>
19 Ag = 108 <sup>23</sup>	Cd = 112 <sup>25</sup>	W = 116	Lu = 118	Pb = 124 <sup>28</sup>	Te = 125 <sup>29</sup>	T = 127 <sup>29</sup>
20 Co = 133 <sup>25</sup>	Ni = 137	"	"	"	"	? = 137
?	? = 165	? = 170	? = 175	? = 180	Ta = 182	U = 186 <sup>24</sup>
?	?	?	?	?	?	?
200 Jc = 204	Pb = 207	Bi = 210	Lu = 197	Di?	W = 186	Pt = 197
195	71	70	94	Ce?	La?	Pr?
96	95			92	94	95
				Er	46	Lu
				56	60	75

(x) Na 2 Nb del Na 2 97, a ne 94.

Taula periòdica manuscrita de Mendelèiev

### 8.05 LA RECERCA ENS VA FER SAPIENS (2019)

El març de 2019 em van convidar a anar a Santa Coloma de Farners, per tal de fer la xerrada inaugural de la Mostra de treballs de recerca de batxillerat de la zona. Coneixia l'institut de Santa Coloma de Farners, on havia anat a fer xerrades d'orientació universitària, i on també coneixia diversos professors perquè havíem coincidit en cursos diversos. En la meua opinió, ho fan molt bé. Com que l'any 2019 era l'any de la Taula Periòdica i dels Elements Químics, em van demanar que en fes referència, i així ho vaig fer.

L'acte es va fer a la Casa de la Paraula, nom ben bonic per denominar una casa de la cultura municipal.

# **LA RECERCA ENS VA FER SAPIENS.**

## **L'EXEMPLE DE LA TAULA PERIÒDICA DELS ELEMENTS**

Santa Coloma de Farners, 2019

L'actitud de cercar allò que no tenim és comuna a tots els animals. Busquem aliment i aixopluc: per satisfer necessitats primàries, instintives, gairebé automàtiques. No cal pensar excessivament per cercar-les. En canvi, l'actitud de recerca pressuposa que per aconseguir alguna cosa hem d'elaborar una estratègia no automàtica. Tots els animals fugen del foc, però algun avantpassat remot nostre va atrevir-se a no fugir-ne i a dominar-lo, perquè l'experiència li havia demostrat que només fa mal si hi ets massa a prop. I va veure que certs aliments posats al foc eren més gustosos, i més fàcils de digerir. I aquest coneixement, que devia començar per casualitat, es va convertir en cultura que es podia transmetre d'una generació a una altra.

I això que va passar fa centenars de milers d'anys, ens passa ara a cadascun de nosaltres cada vegada que ens plantegem algun repte intel·lectual, del tipus que sigui: quina estratègia hem de seguir per omplir al màxim una caixa amb llibres de diferents mides? Com ens ho farem per preparar els plats d'un menú multitudinari per tal que estiguin al punt tots a l'hora? Per quin ordre haig d'explicar els temes de química, per fer-ho de la forma més coherent, harmoniosa i comprensible? Com hauria de ser la molècula d'un fàrmac que ataqués només cèl·lules danyades per una malaltia específica però no les cèl·lules sanes?

Tota activitat de recerca sol tenir quatre fases, que es desenvolupem més o menys successivament. La cerca d'informació disponible, la planificació de treball (experiments, entrevistes), l'obtenció i discussió de resultats d'acord amb les teories prèviament existents, i, si s'escau, la predicció de fets que

encara no han passat però que de la recerca precedent podem pensar que són probables que passin. Vegem-ho amb un exemple.

L'any 2019 ha estat declarat l'*Any Internacional de la Taula Periòdica i dels Elements Químics* per les Nacions Unides i la UNESCO. Se celebra perquè fa 150 anys que **Dmitri Mendelèiev**, un professor de química rus, va proposar el seu esquema per tal d'ordenar els elements coneguts.

El concepte d'*element* no és gens trivial. En la seva mateixa etimologia hi ha el sentit del terme: allò bàsic, que constitueix el nucli de qualsevol matèria i que no es pot descompondre en altres elements més senzills. Els filòsofs grecs van imaginar que l'aire, l'aigua, la terra o el foc eren elements bàsics. **Empèdocles** va imaginar que tots quatre eren elements, i **Aristòtil** hi va afegir un cinquè element o quintaessència, amb els quals imaginava que podia explicar la composició de tota la matèria universal. Simultàniament, **Demòcrit** imaginava la matèria constituïda per dotzenes d'àtoms de formes, mides i composicions diferents, que explicarien també la pluralitat i varietat de la matèria. La visió d'**Aristòtil** va prevaldre, i es va mantenir vigent fins a començament del segle XVII.

**Robert Boyle** recuperà la idea atomista de **Demòcrit**, Donà una definició d'element en certa manera similar a l'actual, i identificà un parell de dotzenes d'elements. **Lavoisier** depurà el concepte, i n'identificà fins a 33, i **Mendelèiev** en coneixia 63 el 1869, any en que va publicar la seva primera taula periòdica.

Com s'havia arribat fins aquí? Doncs a partir de la informació disponible dels anteriors científics, i amb un treball considerable d'identificació d'elements en tota mena de minerals per part de dotzenes de químics de tots els països. Fou així que cap dels elements dels grecs van seguir considerant-se elements: es van identificar dos elements -l'hidrogen i l'oxigen- com a components de l'aigua; es va discriminar que l'aire era una barreja de dos gasos elementals, l'oxigen i el nitrogen, i es va veure que les diferents *terres*

eren en realitat una barreja complexa de minerals cadascun dels quals compost de diversos elements; i que el foc era en realitat una reacció química entre els combustibles i l'oxigen de l'aire.

La voluntat humana d'explicació porta primer a la necessitat d'una classificació. L'ordenació dels elements per ordre alfabètic no aporta cap coneixement i, a més, és diferent en cada idioma. L'ordenació per colors tampoc és útil: hi ha elements transparents gasosos i altres -el diamant- sòlids; són grocs el sofre i l'or, que no tenen res a veure. La classificació segons l'estat físic de l'element a temperatura ambient tampoc és gaire informativa: hi ha gasos inerts com el nitrogen, altres molt reactius com el fluor, altres combustibles com l'hidrogen... Hi ha molt pocs líquids, i la resta, més del 80% dels elements, són sòlids de característiques molt variades.

Fou finalment una propietat química molt poc intuïtiva la que va permetre una classificació operativa: el *pes atòmic*, actualment denominat *massa atòmica*. Aquest concepte ve de les característiques de les reaccions. Les substàncies reaccionen entre elles segons unes quantitats fixes. Si es dona a l'hidrogen el valor arbitrari de pes atòmic d'1, les quantitats dels diferents elements que es combinen amb 1 gram d'hidrogen seran els seus pesos atòmics. Si algun element no reacciona amb l'hidrogen es calcula el seu pes atòmic a partir de la reacció amb un altre element de pes atòmic conegut. Val a dir que el pes atòmic és un valor contraintuïtiu, perquè hi ha casos d'elements d'un pes atòmic superior a un altre, com el clor comparat amb el magnesi, que tenen una densitat molt inferior: el pes atòmic no representa cap propietat que es pugui deduir pesant simplement l'element.

Aquest simple esquema, un enorme treball experimental i un gran nombre de discussions entre científics permeté conèixer el valor del pes atòmic de tots els elements coneguts, valors que es van consensuar al congrés químic de Karlsruhe de 1860. A aquest congrés hi va assistir un jove **Mendeléiev**, professor de química de Sant Petersburg.

A partir dels valors dels pesos atòmics, **Mendeléiev** va intentar trobar alguna relació entre ells. Finalment va trobar un esquema de classificació de files i columnes on els elements, en ordre creixent de pesos atòmics, presentaven seqüències d'elements que mostraven propietats força similars. A la figura es pot veure la primera taula periòdica manuscrita de **Mendeléiev** on es poden veure files horitzontals, com la que comença amb l'element beril·li Be, que té al costat elements similars com Mg, Zn, Cd. Una altra fila d'elements anàlegs la formen Li, Na, K, Rb i Cs. Una altra, F, Cl, Br, I. Aquesta és la periodicitat que presenta aquesta taula, que per això es diu periòdica: a mida que s'avança en el pes atòmic, cada cert nombre d'elements en surt un que s'assembla en les seves propietats físiques i químiques als seus companys de fila.

Però el que va donar més prestigi a **Mendeléiev** va ser el fet que va predir l'existència d'elements encara no descoberts. A la seva taula hi havia certes vacants, que més endavant serien omplertes amb nous elements descoberts posteriorment per altres científics. La capacitat de predicció, la característica més notable de la ciència, es manifesta en la taula de **Mendeléiev** des del començament.

Quaranta-quatre anys després, el 1913, el descobriment dels *espectres d'emissió* dels elements en ser escalfats, juntament amb les primeres teories atòmiques, van permetre definir el concepte de *nombre atòmic*. Aquest valor és el nombre d'electrons que envolten un determinat àtom, i que coincideix amb el nombre de càrregues positives del seu nucli. Aquest concepte permet fer una ordenació de tots els elements coneguts de manera similar a la taula basada en pesos atòmics, però presenta un conjunt d'avantatges. Per exemple, el nombre atòmic és un nombre natural: 1, 2, 3, 4... mentres que el pes atòmic és un nombre fraccionari i més sotmès a imprecisions de tipus experimental. Des de la primera taula periòdica basada en nombres atòmics,

obra de **Langmuir** (1913) totes les taules periòdiques es dissenyen en base als nombres atòmics..

La taula periòdica no és més -ni menys- que un *infograma*, és a dir una recopilació d'informació en forma gràfica per tal d'ajudar a comprendre i sistematitzar-la. És una eina didàctica molt útil per ajudar a comprendre les propietats dels elements i les substàncies elementals de cadascuna de les caselles, i ajuda a veure les relacions entre elements. Hi ha centenars de models de taules periòdiques, que actualment compten amb 118 elements, i queden obertes a nous descobriments. No hi ha un disseny òptim de taula periòdica, perquè hi ha diferents opinions sobre la situació de determinats elements. Per exemple, la posició del primer element, l'hidrogen, és controvertida. Hi ha opinions de que hauria d'anar sobre la primera columna que segueix amb Li i Na, però hi ha qui defensa que hauria d'anar a la columna 17, sobre el F. Hi ha arguments químics per totes dues posicions. I, com aquesta controvèrsia, unes quantes més. La taula periòdica és un organisme viu, que va evolucionant segons els nous descobriments.

\*\*\*\*\*

Abordar qualsevol problema requereix d'una recerca sistemàtica, amb plantejament d'hipòtesis, assajos per validar-les i finalment, aconseguir el clic mental que és la comprensió que ens dona la solució. Aquest clic és el que devia fer **Mendeléiev** quan va dissenyar la seva taula periòdica inicial. Així haurem pogut pujar un graó en el llarg camí de la comprensió del nostre entorn. Cal estar entrenat per fer aquest procés amb eficàcia. Els treballs de recerca del batxillerat no són més que l'entrenament per posar en marxa i tenir ben greixada la nostra màquina de pensar. Així anirem creixent i serem cada cop més *sapiens*.

## **BIBLIOGRAFIA**

Totes les webs citades són actives l'octubre de 2019.

**Leach, Mark R.** (2019) Web *Chemogenesis* [https://www.meta-synthesis.com/webbook/35\\_pt/pt\\_database.php](https://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php)

La web més completa amb més d'un miler de taules periòdiques classificades cronològicament. Imprescindible.

**Mans, Claudi** (2009a) "La taula periòdica històrica de la Universitat de Barcelona". *Notícies per a Químics* 446 juny-juliol p. 5-10. [https://issuu.com/colquimcat/docs/npq\\_446](https://issuu.com/colquimcat/docs/npq_446)

Descripció d'una curiosa taula periòdica de l'edifici històric, pintada el 1934 i restaurada el 2008, única a Europa

**Mans, Claudi** (2009b) "Element Al" *Educació Química* 3, 48-52. <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000067/00000060.pdf>

Article general sobre la diferència entre el concepte d'element i el concepte de substància elemental.

**Scerri, Eric** (2007) *The Periodic Table. Its Story and its Significance*. Oxford University Press

Llibre bàsic del principal especialista mundial en la taula periòdica

**Scerri, Eric** (2013) *La tabla periódica: Una breve introducción*, Alianza Editorial, El libro de bolsillo. Traduit de *The Periodic Table. A Very Short Introduction*. Oxford University Press (2011)

Un resum del llibre anterior, en una versió en castellà molt assequible.