

Educación en la Química

Revista de la Asociación de Docentes
en la Enseñanza de la Química de la
República Argentina.

ISSN 2344-9683

Volumen 25
Número 2
2019

Educación en la Química

ISSN en línea 2344-9683

Revista de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la
Química de la República Argentina

Educación en la Química

es una publicación semestral de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, ADEQRA, Personería Jurídica N° 8933 que se distribuye gratuitamente a los miembros de esta Asociación. Es una revista que busca contribuir a la interrelación entre los docentes y los investigadores de las ciencias químicas y de la educación química. En ella se dan a conocer experiencias de aula, resultados de investigaciones, avances tecnológicos, noticias científicas, y todo otro aporte original que oriente el enriquecimiento y profesionalización del docente de química y colabore en el mejoramiento de su tarea.

Los editores agradecen cartas, ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a otros colegas.

El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de sus autores.

Se recomienda cautela al realizar los experimentos y demostraciones que se proponen.

Se autoriza la reproducción de los materiales, citando la fuente. (Título clave abreviado: EdenlaQ)

Comité editor

Editor Responsable

Luz Lastres Flores

(ex-Universidad de Buenos Aires)

Co-editora

M. Gabriela Lorenzo

(Universidad de Buenos Aires-CONICET)

Colaboradores

Andrea S. Farré

(Universidad de Río Negro)

German Hugo Sánchez

(Universidad Nacional del Litoral-CONICET)

Consejo Asesor Nacional

Erwin Baumgartner (Universidad de Buenos Aires)

Marta Bulwik (ex ISP J. V. González, B.A.)

Raúl Chernikoff (Universidad N. de Cuyo)

Norma D'Accorso (Universidad de Buenos Aires)

Lilia Davel (Universidad de Buenos Aires)

Lydia Galagovsky (Universidad de Buenos Aires)

Martín G. Labarca (CONICET)

Hernán Miguel (Universidad de Buenos Aires)

Norma Nudelman (Universidad de Buenos Aires)

Héctor Odetti (Universidad Nacional del Litoral)

Laura Vidarte (ex ISP J. V. González, CABA)

Consejo Asesor Internacional

Daniel Bartet (UMCE, Chile)

Bruno Ferreira Dos Santos (Universidad Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil)

Johanna Camacho (U. de Chile)

Plinio Sosa Fernández (Consejo Editorial de las revistas Educación Química y Acta Universitaria, México)

Vicente Talanquer (U. de Arizona, Tucson, EEUU)

Gisela Hernández Millán (UNAM, México)

EdenlaQ-ADEQRA.

Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. CIAEC.
Facultad de Farmacia y Bioquímica. UBA.

Junín 956 (1113). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Nuevo e-mail: revedenlaq@gmail.com



ADEORA, Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, Personería Jurídica N° 8933, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua.

Entre los fines y objetivos de la Asociación que figuran en su Estatuto, pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

Comisión Directiva

En la Asamblea celebrada en el 18 REQ, el 7 de agosto de 2018, se ratificó la nueva comisión directiva, que quedó conformada de la siguiente manera:

Presidente: Teresa Quintero (UNRC)

Vicepresidente: Miriam Gladys Acuña (UNaM)

Secretaria: Anabela Flores (UNRC)

Prosecretaria: Ana Basso (UNC)

Tesorera: Marcela Susana Altamirano (UNRC)

Vocal 1°: Sandra Hernández (UNS- Titular)

Gladys Acuña (UNM- Suplente)

Vocal 2°: Germán Sánchez (UNL -Titular)

Andrea Farré (UNRN- Suplente)

Revisores de Cuentas:

1°: Carlos Matteucci – Andrés Raviolo (UNRN-suplente)

2°: Marina Mansullo (UNC)

3°: Héctor Odetti (UNL)

Número especial

HOMENAJE A LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Editorial

Este es un número especial en el que hemos trabajado intensamente para ofrecer una visión amplia y actualizada de uno de los íconos más representativos de nuestra disciplina, que muestra el carácter colectivo e histórico en el proceso de construcción de conocimiento: la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

Agradecemos muy especialmente a los Dres Plino Sosa Fernández de la Universidad Autónoma de México y Gabriel Pinto Cañón de la Universidad Politécnica de Madrid, que respondieron con entusiasmo a nuestra invitación a participar con un artículo invitado en medio de las múltiples actividades en las que venían desarrollando con motivo de las celebraciones que en todo el mundo se han realizado a la Tabla Periódica.

También queremos agradecer al Dr. Alfio Zambon de la Universidad Nacional de la Patagonia, que aceptara compartir con nosotros su trabajo, destacando que el fue el único argentino en participar en la Mendeleev150: 4th International Conference on the Periodic Table celebrada en San Petersburgo en el pasado julio.

Otros artículos ponen su atención en estrategias de enseñanza, reflexiones conceptuales, revisiones históricas, actualizaciones en línea, reuniones científicas todas ellas referidas a la Tabla Periódica.

Como siempre, este número incluye los aportes de colegas, reseñas, novedades y mucho más...

Estas más de doscientas páginas, muestran como un grupo de entusiastas profesores y profesoras de química han mancomunado sus esfuerzos para dedicarlo a la Tabla Periódica. Y ahora, redoblamos la apuesta invitando a aquellos grupos de docentes que quieran coeditar un número monográfico sobre algún tema en particular. ¡Anímense!

Artículo invitado

LA MAGIA DE LA TABLA PERIÓDICA

Plinio Sosa Fernández

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México, D. F.

E-mail: plinio@unam.mx

DE LA ANTIGÜEDAD A MENDELÉYEV

Los seres humanos siempre hemos estado interesados en tratar de entender al mundo y a nosotros mismos. Una primera distinción fue lo material (las cosas y los seres que nos rodean) y lo inmaterial (las ideas, los sentimientos, las emociones). Es decir, la materia y todo lo demás.

La materia primera o primigenia era el principio del cual proceden todas las cosas: el origen y el fin del Universo. Toda la inmensa variedad de materiales con los que interactuaban nuestros ancestros no eran más que distintas presentaciones de una misma y única cosa: la materia.

LOS PENSADORES GRIEGOS

Seguramente, en distintos momentos de la historia, la humanidad se habrá preguntado: ¿exactamente cuál es esa materia primigenia? Es el caso de algunos pensadores griegos que vivieron entre los siglos VII y V a. C. Tales de Mileto (625–547 a. C.) pensó que la materia de la que se derivan todas las cosas era el *agua*. Más tarde, Anaxímenes de Mileto (590–524 a. C.) reflexionó que la materia que constituye todo lo habido en el mundo era el *aire*. Jenófanes (580–470 a. C.), por su parte, razonó que esa materia primera tendría que ser la *tierra*. Mientras que Heráclito de Éfeso (535–484 a. C.), en cambio, creía que esa materia elemental –origen y fin del universo– era el *fuego*.

Más tarde, Empédocles de Sicilia (495 a 435 a. C.) llegó a la conclusión de que lo que había que rechazar era la idea de que existe únicamente una sola materia. Ni el agua ni el aire son capaces, por sí solos, de convertirse en un rosal o en una mariposa, razón por la cual resulta imposible que la Naturaleza tenga un solo elemento. Empédocles pensaba que, en la Naturaleza, existían cuatro elementos: el aire (lo gaseoso, en términos actuales), el agua (lo líquido), la tierra (lo sólido) y el fuego (la energía).

Empédocles creía que todos los cambios de la Naturaleza se deben a

que estos cuatro elementos se mezclan y se vuelven a separar, pues todo está compuesto de tierra, aire, fuego y agua en distintas proporciones. Cuando muere una flor o un animal, los cuatro elementos vuelven a separarse. La tierra, el aire, fuego y el agua quedan completamente inalterados o intactos con todos esos cambios en los que participan.

No fue por casualidad que Empédocles pensara que los elementos de la Naturaleza fueran precisamente aire, agua, tierra y fuego. Quizá vio cómo ardía un trozo de madera. Era el fuego. Oyó cómo la madera crujía y gorgoteaba. Era el agua. Algo se convertía en humo. Era el aire. Algo quedaba cuando el fuego se consumía. Era la ceniza, o la tierra.

Suponer que todo estaba constituido por más de una materia o elemento, permitía no solo explicar la enorme variedad de materiales existentes, sino también algunas propiedades de la materia. Lo *húmedo* provenía de la combinación del agua y el aire. Lo *frío* del agua y la tierra. La tierra y el fuego eran los responsables de lo *seco*. Y el fuego y el aire generaban la sensación de lo *cálido*.

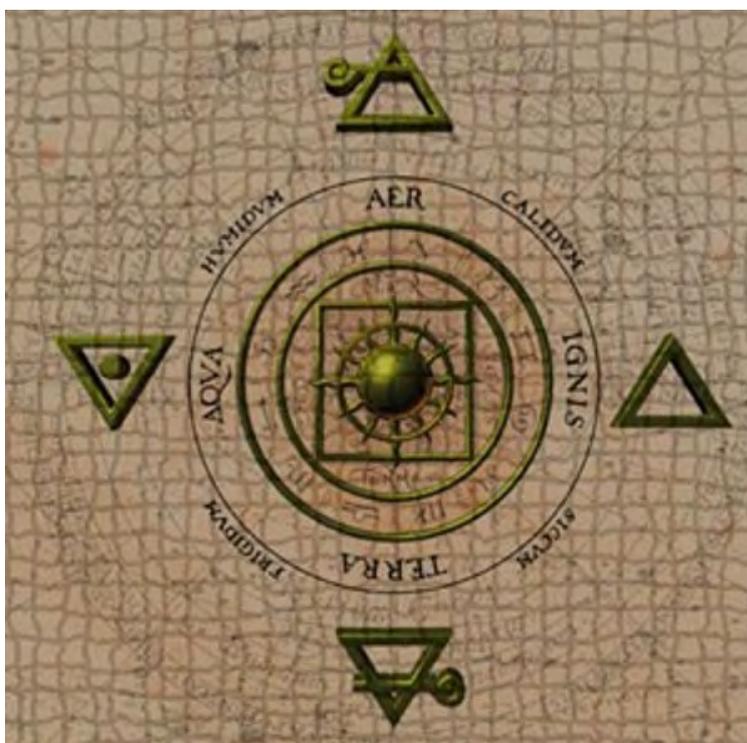


Figura 1. Los cuatro elementos de Empédocles

THEOPHRASTUS BOMBAST VON HOHENHEIM, PARACELSO

Mucho tiempo después, Paracelso (1493–1541), médico y alquimista suizo, propuso otra explicación. Él pensaba que todas las sustancias

estaban constituidas, no por cuatro elementos, sino por tres principios o cualidades: lo azufroso, lo mercurioso y lo salino.

En el *principio azufre* radicaban el calor y la capacidad de los cuerpos para quemarse. Del *principio mercurio* dependían la pesantez y la capacidad de los cuerpos para ser líquidos y volátiles. Finalmente, el *principio de la sal* causaba la solubilidad y la estabilidad ante el fuego.

Con estas ideas, Paracelso explicaba la incandescencia de los cuerpos de la siguiente manera:

Si quemáis la madera y observáis el resultado, veréis que hay una cosa que arde –el azufre–, una cosa que despidе humo –el mercurio– y otra cosa que queda convertida en ceniza –la sal.

A pesar de que Paracelso hablaba más bien de principios, estos elementos estaban indiscutiblemente ligados a tres sustancias reales y concretas reconocidas, ahora, en la actualidad: el azufre, el mercurio y el cloruro de sodio. Parece ser el principio de la evolución de nuestra concepción de los elementos, pensados, en un principio, como algo abstracto e inmaterial hasta algo, más bien, concreto y real.

ANTOINE LAURENT LAVOISIER

El siguiente gran brinco conceptual se da con Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794). Como colofón de su elegante explicación de lo que ocurre cuando algo se quema (la combustión), Lavoisier precisa varias ideas dentro de la práctica química:

“Todas las sustancias que no hemos podido descomponer todavía por ningún medio, son, para nosotros, elementos”

Distingue por primera vez en la historia, con toda claridad, dos tipos de sustancias: las simples y las compuestas. Pero no solo eso, con él desaparece la definición abstracta de los elementos. Ya no son principios místicos ni cualidades sino sustancias concretas que se pueden comprar, vender y almacenar

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.	
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes. Et qu'on peut regarder comme les éléments des corps.</i>	Lumière	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.	
	Calorique	Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur.	
	Oxygène	Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital.	
	Azote	Gaz phlogistiqué. Mofète. Base de la mofète.	
	Hydrogène	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.	
	<i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Soufre	Soufre.
		Phosphore	Phosphore.
		Carbone	Charbon pur.
		Radical muriatique	Inconnu.
		Radical fluorique	Inconnu.
Radical boracique		Inconnu.	
Antimoine		Antimoine.	
Argent		Argent.	
Arsenic		Arsenic.	
Bismuth		Bismuth.	
<i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Cobalt	Cobalt.	
	Cuivre	Cuivre.	
	Etain	Etain.	
	Fer	Fer.	
	Manganèse	Manganèse.	
	Mercure	Mercure.	
	Molybdène	Molybdène.	
	Nickel	Nickel.	
	Or	Or.	
	Platine	Platine.	
<i>Substances simples salissables terreuses.</i>	Plomb	Plomb.	
	Tungstène	Tungstène.	
	Zinc	Zinc.	
	Chaux	Terre calcaire, chaux.	
	Magnésie	Magnésie, base du sel d'epsom.	
	Baryte	Barote, terre pesante.	
	Alumine	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.	
	Silice	Terre siliceuse, terre vitrifiable.	

Figura 2. Los 33 elementos propuestos por Lavoisier.

JOHN DALTON

Al ser humano siempre le ha inquietado mucho el problema de si la materia es una especie de "pasta continua" o si está formada por una sucesión de partículas y huecos (el vacío). Durante muchos siglos, fue imposible contestar con certeza esta interrogante. Cualquiera de las dos respuestas era igualmente posible y lógica. Sin embargo, no había manera de comprobar una o refutar la otra porque faltaba información. Lo más que se podía hacer era reflexionar.

Tuvieron que pasar miles de años para que la humanidad pudiera encontrar una respuesta a esa inquietud. En 1808, el naturalista inglés John Dalton (1766–1844), resolvía definitivamente el viejo dilema.

A partir del trabajo de Lavoisier, se generó lo que, en términos actuales, llamaríamos una considerable base de datos respecto de las masas de reactivos y productos involucradas en las reacciones químicas llevadas a cabo por los distintos investigadores de la época.

Con esta valiosa información, a Dalton se le ocurrió una ingeniosa manera de explicar no solo la composición de las sustancias sino también qué es lo que ocurre en las reacciones químicas. Aclaró lo siguiente:

- Las sustancias simples están constituidas por átomos iguales.
- Las sustancias compuestas están constituidas por átomos diferentes.
- Las reacciones químicas consisten en el intercambio y rearrreglo de átomos.
- Los átomos de distintos elementos tienen masas diferentes.

Y además Dalton generó la primera tabla de masas atómicas relativas. Por ejemplo, para el caso del agua, Dalton supuso –por sencillez– que sus moléculas eran diatómicas, es decir que estaban constituidas únicamente por dos átomos: uno de hidrógeno y otro de oxígeno. La fórmula del agua sería, entonces, simplemente HO. Y la masa de un átomo de oxígeno sería ocho veces mayor que la de uno de hidrógeno.

Hoy sabemos que no es así. Pero, en la época de Dalton, no había modo de saber la fórmula del agua. Él supuso la más simple.

STANISLAO CANNIZZARO Y LOS DESCUBRIDORES DE LA PERIODICIDAD QUÍMICA.

En **1860**, durante el primer congreso internacional de química de la historia celebrado en la ciudad alemana de Karlsruhe, **Stanislao Cannizzaro** (1826–1910) esclareció la confusión que había respecto de las fórmulas y las masas de las distintas sustancias químicas. A partir de las hipótesis de otro químico, **Amedeo Avogadro** (1776–1856), y mediante un elegante trabajo experimental, Cannizzaro pudo establecer un conjunto de fórmulas químicas y masas atómicas sumamente confiables.

Los resultados de Cannizzaro detonaron la investigación química de los siguientes años, incluyendo los trabajos que derivarían en el descubrimiento de la periodicidad química de los elementos.

En **1862**, el mineralogista francés **Alexandre de Chancourtois** (1820–1886) fue el primero en ordenar los elementos químicos según su masa atómica. Los acomodó en una espiral (con una inclinación de 45°) sobre la superficie de un cilindro de cartón. Con este arreglo, elementos similares quedaban ubicados en la misma línea vertical. Chancourtois fue el primer descubridor de la periodicidad química.

En **1863**, el químico inglés **John Newlands** (1837–1898) generó una tabla en la que, al ordenar los elementos según sus masas atómicas, cada 8 elementos se parecían químicamente. Newlands propuso que los elementos mostraban un comportamiento periódico similar al que

se observa en las notas musicales. A esta propuesta, él le llamó la *ley de las octavas*.

En **1864**, el químico inglés **William Odling** (1829–1921) propuso otra tabla periódica basada en la comparación de las diferencias de masas entre pares de elementos. En este caso, también era evidente que había grupos de elementos que se parecían mucho en su comportamiento químico.

También en **1864**, **Julius Lothar Meyer** (1830–1895) publicó la primera edición de un libro de texto de química, *Die Modernen Theorie der Chemie*, en el que incluía dos tablas de elementos químicos: una, de 28 elementos, acomodados en orden ascendente de sus masas atómicas; y, otra, de 22 elementos, que no estaba ordenada de acuerdo con las masas atómicas. Esta última correspondía a los metales de transición que conocemos en la actualidad.

Sin embargo, la primera era muy parecida a la que, más tarde, construiría el químico ruso, Dimitri Mendeléyev. Lothar Meyer también hizo algunos ajustes, tomando en cuenta, el parecido químico de los elementos. También dejó algunos huecos en su tabla. Y también estimó la posible masa atómica de los elementos faltantes.

Quizá, lo más relevante de la tabla de Lothar Meyer fue que también encontró una evidente periodicidad en algunas propiedades físicas, muy especialmente en el volumen atómico de los elementos.

Unos años después, en **1867**, el químico alemán, **Gustavus Detlef Hinrichs** (1836–1923) propuso otra clasificación de los elementos a partir de una idea muy original: relacionar las frecuencias de las líneas de emisión de los espectros atómicos con sus tamaños y sus masas relativas. Él no propone una tabla sino un diagrama radial en el que en los radios de la figura se encontraban precisamente los elementos que eran parecidos químicamente.

DIMITRI MENDELÉYEV

Mendeléyev, al igual que Lothar Meyer, era un reconocido investigador y un apasionado docente. A él también se le ocurrió su clasificación de los elementos mientras escribía su libro de texto, *The Principles of Chemistry*, con el fin de explicarles a sus lectores la reactividad de los elementos químicos.

La tabla de Mendeléyev –publicada hace 150 años– en 1869 contenía los 64 elementos conocidos en ese entonces. Al igual que la de Meyer, estaba construida en orden ascendente de las masas atómicas de los elementos, cuidando que los elementos similares químicamente quedaran debidamente agrupados.

La tabla del científico ruso era la más completa de todas las realizadas,

contenía los 64 elementos conocidos en ese entonces. Él sí hizo un énfasis especial (que nadie más hizo) acerca de que debería de haber otros elementos que ocuparían los huecos que aparecían en la tabla. También predijo algunas propiedades de dichos elementos e, incluso, detectó y corrigió las masas atómicas de algunos de los elementos ya conocidos. Pero, indiscutiblemente fue él quien tuvo la visión y comprendió la real importancia y la enorme trascendencia que tendría la periodicidad química para el futuro desarrollo de esta disciplina, como ciencia y como industria.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104.4	Pt = 197.4
			Fe = 56	Ru = 104.4	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pt = 106.6	Os = 199
H = 1			Cu = 63.4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9.4	Mg = 24	Zn = 65.2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27.4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210
	O = 16	S = 32	Se = 79.4	Te = 128?	
Li = 7	F = 19	Cl = 35.5	Br = 80	I = 127	
	Na = 23	K = 39	Rb = 85.4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87.6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75.6	Th = 118?		

Figura 3. La tabla periódica de Mendeléyev de 1869.

EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

Tal y como lo señaló Dalton, los átomos de distintos elementos son diferentes. Por ello, todos los átomos de una sustancia elemental son de un mismo elemento y, por lo tanto, idénticos. Así mismo, las sustancias compuestas están compuestas (valga la redundancia) por átomos de distintos elementos. Todos los átomos (sean del elemento que sea) tienen una parte positiva (los protones) concentrada en un núcleo, rodeada por una parte negativa (los electrones). Lo que hace distinto a un átomo de otro (y, por tanto, a un elemento de otro) es el número de protones. A este número se le llama *número atómico* y corresponde con la casilla que ocupan los elementos en la tabla periódica. Además de los protones, en los núcleos atómicos hay otras partículas sin carga eléctrica llamadas neutrones.

Modificar el número de protones de los átomos no es cosa fácil. Para ello se requiere de reacciones nucleares. Por eso, los alquimistas fracasaron en su empeñoso afán por transmutar la materia.

Sin embargo, en las estrellas las reacciones nucleares se dan de manera natural. En las estrellas como el Sol, los núcleos de hidrógeno se transforman constantemente en núcleos de helio. La energía que se libera de este proceso ha impedido (durante 5 mil millones de años) que el Sol se colapse debido a la atracción gravitacional. Y se sabe que hay suficiente hidrógeno en su interior para mantenerlo así otros 5 mil millones de años.

En las Gigantes Rojas (que es en lo que se va a convertir nuestro amado Sol cuando se le acabe el hidrógeno), a partir de los núcleos de helio, se forman los elementos cuyo número atómico va desde 3 hasta 26, es decir, desde el litio hasta el hierro. Del cobalto al uranio (92 protones), los núcleos no liberan energía al formarse; más bien la absorben. Por eso, no es posible que se formen en las Gigantes Rojas, sino que se producen en las espectaculares explosiones estelares conocidas como Novas y Supernovas.

LOS ELEMENTOS TERRÍCOLAS

Hay otro lugar en el universo donde se forman elementos: en el planeta Tierra. En los años 50, los científicos de la época crearon los elementos 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 y 101. Esto se logró mediante dos tipos de reacciones nucleares: el decaimiento *beta* y la captura *alfa*. En el primero, se bombardean núcleos de elementos pesados con neutrones. Cada neutrón capturado se transforma en un protón y un electrón (partícula *beta*). Como resultado se crea un nuevo elemento con un protón de más, es decir, con el siguiente número atómico al del elemento original. En el segundo, los núcleos pesados son bombardeados con núcleos de helio (partículas *alfa*) haciendo que el número atómico se incremente dos unidades cada vez.

De 1958 a 1974, se sintetizaron desde el elemento 102 hasta el 106.

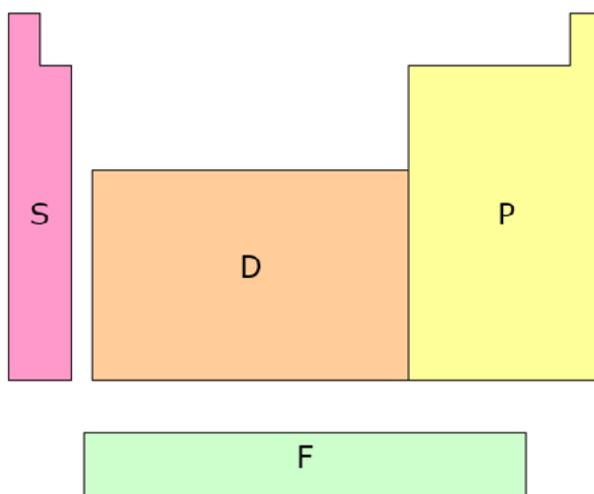
Para ello, bombardearon los núcleos recién creados con iones de elementos ligeros como el boro. Para lograrlo, se requirió el desarrollo de grandes aceleradores de partículas. Más allá del elemento 106, fue imposible crear nuevos núcleos con esta técnica.

En 1974, un grupo de investigadores dirigidos por Yuri Oganessian en Dubna, Rusia descubrió una técnica que podía servir para la síntesis de nuevos elementos. Se les ocurrió invertir los papeles: usar como proyectiles a los núcleos pesados y como blanco a los iones de elementos ligeros. Esto permitía colisiones "frías" que no liberaban tanta energía dando tiempo a que se estabilizaran los nuevos núcleos.

Esta técnica se empezó a utilizar a partir de 1975 cuando se abrió el UNILAC (Universal Linear Accelerator) en Darmstadt, Alemania con el cual se podía acelerar incluso los iones más pesados hasta alcanzar las más altas energías. Con este poderoso equipo, el grupo alemán dirigido por Peter Armbruster logró a principios de los 80 sintetizar los elementos 107, 108 y 109. Hubo que esperar hasta 1996 para crear los elementos 110, 111 y 112. Finalmente, en los últimos 6 años, entre el grupo ruso y el grupo alemán, han logrado sintetizar los elementos 113, 114, 115, 116, 117 y 118.

LA TABLA PERIÓDICA ACTUAL

La Tabla Periódica de los Elementos es una representación gráfica que agrupa a los elementos según la distribución de sus electrones alrededor del núcleo. Consiste en 118 casillas organizadas en 4 bloques: S, P, D y F. Cada casilla corresponde a un elemento. El número de casilla coincide con el número de protones del elemento correspondiente.



Las columnas de los bloques S, P y D corresponden a grupos de elementos con propiedades químicas similares. Se numeran del 1 al 18 (sin tomar en cuenta al bloque F). Los renglones de la tabla periódica se denominan periodos y corresponden con las capas electrónicas de las partículas mononucleares.

En el bloque F hay otros dos grupos, en este caso en secuencia horizontal: los lantanoides y los actinoides. El bloque F está entre los bloques S y D, pero –por comodidad– se acostumbra a situarlo debajo de los otros 3 bloques.

LA MAGIA DE LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

La Mecánica Cuántica, a principios del Siglo XX, nos mostró que los electrones se acomodan alrededor del núcleo por capas de distinta capacidad. En la 1ª capa, caben solo dos electrones. En la 2ª y en la 3ª, caben 8 electrones. El número máximo de electrones que pueden estar en la 4ª y en la 5ª capas es 18. Y, por último, en la 6ª y en la 7ª capas puede haber un máximo de 32 electrones.

Es decir, una tabla, creada casi 60 años antes, en términos de la masa atómica y de las propiedades químicas, refleja con toda claridad la estructura electrónica de los átomos. Esta relación entre propiedades y estructura es la que nos permite a los químicos predecir algunas reacciones químicas. La tabla periódica funciona como una escala de reactividad en dos dimensiones. Abajo a la izquierda se encuentran los elementos más grandes y que pierden electrones con mayor facilidad, mientras que arriba a la derecha se encuentran los elementos más pequeños que tienen mayor facilidad para capturar electrones. Como en todas las escalas de reactividad química, entre más separadas estén dos sustancias, más violentamente reaccionarán. Y, entre más cerca, tendrán una menor tendencia a reaccionar.

Los químicos no necesitamos aprendernos de memoria la tabla periódica. Lo único que hacemos es colgarla en nuestros laboratorios y en nuestros cubículos y, cuando lo necesitamos, simplemente volteamos a verla, ubicamos el elemento que nos interesa y de ahí inferimos con quién va a reaccionar, en qué medida y qué otras sustancias se pueden llegar a producir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Raviolo, A., Garritz, A. y Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 3, 240–254.

Scerri, E. (2007). *The Periodic Table. Its story and its significance*. Oxford University Press, Inc., New York.

- Scerri, E. R. (2008). El pasado y el futuro de la tabla periódica. *Educación Química*, 19, 3, 234–241.
- Sosa, P. (2000). Elemental, mi querido Watson, *Horizontes*, 5, 10, 35–39.
- Sosa, P. (2007). *Conceptos base de la Química. Libro de apoyo para bachillerato*. Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM, Ciudad de México.

Artículo invitado

LA TABLA PERIÓDICA COMO RECURSO IMPRESCINDIBLE PARA EL APRENDIZAJE Y LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS

Gabriel Pinto Cañón

E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, España. Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.

E-mail: gabriel.pinto@upm.es

INTRODUCCIÓN

En diciembre de 2017 la *Asamblea General de Naciones Unidas* proclamó 2019 como *Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos* (UNESCO, 2018). La idea surgió del profesor y popular divulgador británico Martyn Polyakoff (de madre inglesa y padre ruso), que se la transmitió a Natalia P. Tarasova, presidenta entonces de la *Unión Internacional de Química Pura y Aplicada* (IUPAC). El objetivo era conmemorar el 150º aniversario de la propuesta de ordenación de los elementos conocidos entonces, en forma de tabla, por el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834–1907). También se puede hablar de sesquicentenario, según el prefijo “sesqui”, que denota una unidad y media, usado para formular ciertos compuestos como algunos óxidos. Con la efeméride se pretendía reconocer la relevancia de las ciencias básicas en el desarrollo sostenible y en la solución de problemas globales (energía, educación, agricultura, salud...). Desde la IUPAC se ha señalado que también coincide con el 100º aniversario de su fundación (IUPAC 2019).

La historia de la construcción de la tabla periódica (TP) es un ejemplo de imbricación de distintas ciencias y tecnologías, con aportaciones multidisciplinares, en lo que actualmente podríamos calificar como STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*). Se trata de una obra colectiva, realizada con el esfuerzo de multitud de personas de distintos países y generaciones. Es un caso de desarrollo científico donde docentes, alumnos y editoriales, tanto de educación secundaria como universitaria, han desempeñado una importante labor. También es un icono cultural de nuestro tiempo: prácticamente cualquier persona con estudios secundarios recuerda, aunque sea vagamente, su figura e interpretación.

A lo largo de 2019 se ha reflexionado mucho sobre la TP en foros diversos, y se han realizado multitud de actividades y publicaciones. En

concreto, el autor de este trabajo ha intervenido en un buen número de talleres formativos, ferias científicas, conferencias, concursos y seminarios para profesores, sobre el tema. Fruto de la labor desarrollada al respecto y de su experiencia docente, tanto como profesor de Química de primer curso universitario para ingenieros, como en formación del profesorado, propone en este artículo algunas ideas que le parece pueden ser de interés, tanto para la didáctica del tema en las distintas etapas educativas, como para su divulgación entre público no especializado. En cada caso, los profesores deberían amoldar lo aquí expuesto al nivel de sus alumnos para su práctica docente y tomarlo como una posible inspiración para su quehacer.

Tras presentar algunas aportaciones sobre la evolución del concepto de elemento químico, se detallan aspectos de la historia del desarrollo de la TP, así como ciertas formas de representarla. Se comparten también ideas sobre la interpretación (consecuencia de la mecánica cuántica) de la TP moderna, sobre si está concluida o no, y sobre su propio diseño como fuente de inspiración creativa.

EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ELEMENTO QUÍMICO

La noción de elemento químico es un aspecto central de la química y para comprender tanto la utilidad como el significado de la TP. Se considera que su discusión histórica (Asimov, 1985, Aragón, 2004) es un recurso relevante para el aprendizaje y la divulgación de las ciencias en general y de la química en particular. Para la filosofía griega clásica, los cuerpos estarían compuestos por cuatro constituyentes fundamentales (agua, aire, tierra y fuego), que serían soportes de cualidades (calor-frío y seco-húmedo), en distinta proporción. A ellos se añadió un "quinto elemento" muy sutil, el éter, formador de la esfera celeste, que aún se rememora en la actualidad cuando se habla de la "quintaesencia" como "lo más puro, fino y acendrado de una cosa", según la definición de la Real Academia Española (RAE) (2019). También se usa aún a veces la expresión "líquido elemento", desde como alusión poética al agua (en realidad un compuesto, no elemento, desde el punto de vista químico). Un ejemplo para ilustrar y explicar estas ideas es el conocido fresco "La escuela de Atenas" (ver Figura 1), realizado entre 1510 y 1512 por el pintor renacentista italiano Rafael Sanzio (1483-1520), que se encuentra en las estancias de Rafael del Palacio Apostólico del Vaticano. Fácilmente accesible en internet, recoge a los filósofos y científicos más importantes de la época clásica, con rostros de personajes contemporáneos al artista (como Miguel Ángel para Heráclito, Leonardo da Vinci para Platón, y él mismo representando a Apeles, un pintor del siglo IV a.C.). En el fresco aparece el médico y filósofo cordobés Averroes (1126-1198), que defendió la filosofía de Aristóteles (384 a. C.-322 a.

C.) y facilitó la continuidad del pensamiento griego y el florecimiento de la alquimia en la Europa medieval. Con este tipo de herramientas educativas se puede transmitir cómo la ciencia es parte de la cultura y cómo el interés por el conocimiento sobre la constitución de la materia estaba presente ya en la antigüedad. También es un ejemplo de cómo se podrían promover acciones comunes entre el profesorado de diversas materias (ciencias, filosofía, historia, arte...). Clasificaciones análogas sobre los constituyentes últimos de la materia forman parte también de la tradición de las grandes culturas asiáticas.



Figura 1. Ilustración para comentar la importancia del pensamiento griego clásico sobre los elementos constitutivos de la materia, a través del fresco *La scuola di Atene*, por Rafael.

La alquimia, una práctica compleja con multitud de matices y precursora de la química moderna, se practicó en diversas civilizaciones durante más de dos mil años y, en Europa, hasta el siglo XVIII. Se ha generalizado una imagen de los alquimistas como "charlatanes" que elaboraban pócimas engañosas y dedicaban casi todos sus esfuerzos a la búsqueda de la piedra filosofal que transformaría el plomo y otros metales en oro o plata, y del elixir de la vida que garantizaría la inmortalidad. No obstante, muchos eran personas inteligentes, laboriosas y bienintencionadas, que estudiaban la naturaleza y descubrieron técnicas que aún se usan y nuevas sustancias (como algunos de los actuales elementos químicos). Por su lenguaje hermético y su práctica secretista, con una simbología destinada solo a los iniciados, avanzó lentamente. Los siete metales conocidos se asociaban (como los días de la semana) a los siete planetas y sus símbolos correspondientes: oro-Sol, plata-Luna, hierro-Marte, mercurio-Mercurio, estaño-Júpiter, cobre-Venus y plomo-Saturno. La simbología utilizada, que se recoge en multitud de imágenes, como la Figura

En el siglo XVI, el alquimista y médico suizo Paracelso (1493–1541) propuso que había tres “principios fundamentales” (sal, mercurio y azufre) que hoy en día se pueden entender como propiedades (solidez, fluidez y combustibilidad, respectivamente), más que como ingredientes fundamentales de la materia. Al depositarse sobre los *cuatro elementos* clásicos conferirían las propiedades de cada sustancia. Además, con esa *tria prima*, usada por muchos alquimistas, se hacía referencia al cuerpo, al alma (conciencia) y al espíritu (principio vital), respectivamente. Se recurría así, como anteriormente se vio con el 7, a otro número “mágico” especial, el 3 (propio de la santísima trinidad). Paracelso fue el pseudónimo que eligió para sí mismo Theophrastus Bombast von Hohenheim, por considerarse “semejante a Celso” (médico romano del siglo I). Tuvo mucha fama porque se pensaba que consiguió la “transmutación” del plomo en oro. Destacó como precursor de la toxicología, donde es conocida su sentencia “*dosis sola facit venenum*” (la dosis hace al veneno), y de la farmacología moderna (a través de la iatroquímica, rama científica que unió química y medicina). Pero fue un personaje controvertido; afirmó haber creado, a partir de una mezcla de carbón, mercurio y pelos de humano, que se enterrada en estiércol de caballo, un *homúnculo* o criatura de unos 30 centímetros de altura, que huía de su creador, por lo que no lo pudieron ver otras personas.

El anglo-irlandés Robert Boyle (1627–1691) estableció que la materia está formada por “ciertos cuerpos primitivos y simples” que no tienen por qué ser solo tres o cuatro y que componen los “cuerpos mixtos”. En su obra *The Sceptical Chymist* (1661) propone que el “cuerpo simple” es una sustancia que no puede “reducirse” a otra más sencilla. Además, plantea más dudas que afirmaciones y anima a la experimentación frente a la mera elucubración o planteamientos propios de la antigüedad. Considerado uno de los fundadores de la química moderna, aparte de estudiar aspectos como la compresibilidad de los gases y ser un gran teólogo, es de quien parte la idea del concepto actual de elemento químico, a través de su teoría corpuscularista. En la Figura 3 se muestra su retrato y la portada del libro citado, donde se aprecia el estilo, a modo de resumen, de los títulos de los textos de la época.

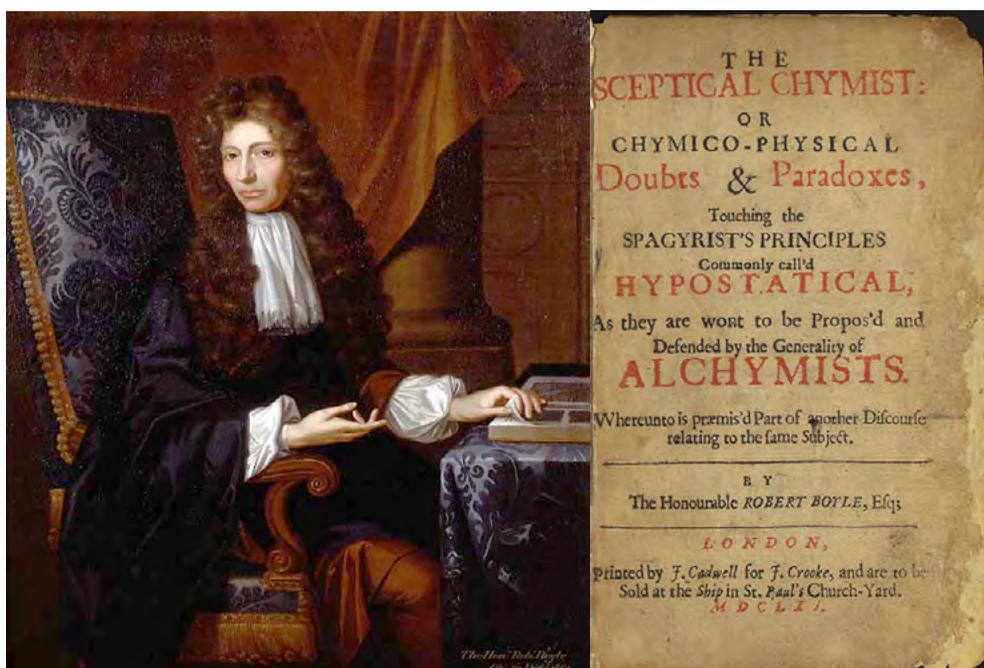


Figura 3. Retrato de Robert Boyle y portada de la primera edición (1661) de su libro *The Sceptical Chymist*.

El alemán Johann Joachim Becher (1635–1682) razonó la existencia de una sustancia hipotética, la *terra pinguis* (tierra grasa), para explicar la combustión, a la que el también alemán Georg Ernst Stahl (1659–1734) denominó *flogisto* y completó la teoría. El médico francés Étienne François Geoffroy (1672–1731) publicó una emblemática *tabla de afinidades* (*table des rapports*) (Figura 4) donde representaba en la cabecera de cada columna una sustancia y debajo, las otras con las que se podía combinar. Defensor del flogisto, rechazó la idea alquimista de la piedra filosofal. En su tabla, se puede apreciar el símbolo alquimista de algunos de los actuales elementos.

☉	☉	☉	☉	▽	☉	☉	SM	♁	♀	♁	♀	☾	♂	♁	▽
☉	♁	♂	♁	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☾	♀	♁	♁	♂	▽
☉	♁	♀	☉	☉	☉	☉	☉	♂	☾	♀	PC	♀	♁	♁	☉
▽	♀	♁	☉	☉	☉	☉	☉	♀	♁						
SM	☾	♀	▽		♁		♁	♁	♀						
	♀	☾	♂		♁			☾	♁						
			♀					♁	♁						
			☾					♀							
	☉							☉							

- | | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------|
| ☉ Esprits acides. | ▽ Terre absorbante. | ♁ Cuivre. | ♁ Soufre mineral. [Principe. |
| ☉ Acide du sel marin. | SM Substances metalliques. | ♂ Fer. | ♁ Principe huileux ou Soufre |
| ☉ Acide nitreux. | ♁ Mercure. | ♁ Plomb. | ♁ Esprit de vinaigre. |
| ☉ Acide vitriolique. | ♁ Regule d'Antimoine. | ♁ Etain. | ▽ Eau. |
| ☉ Sel alcali fixe. | ☉ Or. | ♁ Zinc | ☉ Sel. [dents |
| ☉ Sel alcali volatil. | ☉ Argent. | PC Pierre Calaminaire. | ▽ Esprit de vin et Esprits ar |

Figura 4. Tabla de afinidades de Geoffroy (1718).

El francés Antoine-Laurent de Lavoisier (1743–1794), en su *Traité Élémentaire de Chimie* (1789), reforzó el concepto de Boyle, postulando que "sustancia simple" es la que no se puede *analizar* (es decir, separar) en otras por procedimientos químicos. Algunas de sus sustancias (en total 33), como la luz y el *calórico* hoy no se consideran elementos y otras, como la cal, son compuestos. Pero ya empleó la clasificación de metales y no metales, vigente en la actualidad y propuso una nomenclatura nueva para simplificar los nombres antiguos de las sustancias químicas (ver Figura 5) (Lavoisier, 1789). En 1777 acuñó el nombre de "oxígeno" (del griego "formador de ácidos") al elemento que habían descubierto poco tiempo antes, de forma independiente, el sueco Carl Wilhelm Scheele (1742–1786) y el inglés Joseph Priestley (1732–1804). Lavoisier consideró que su clasificación era provisional, matizando que se comportaban como sustancias simples "puesto que hasta ahora no hemos descubierto los métodos para descomponerlas". Además, entre otros logros, enunció la ley de conservación de la masa, demostrando la inconsistencia de la teoría del flogisto. Trabajó en colaboración con su esposa, Marie-Anne Pierrette Paulze (1758–1836). Por ello, actualmente es uno de los ejemplos más recurrentes para destacar el papel de la mujer en el desarrollo de la ciencia (Morales López, 2019). El retrato de ambos se recoge en la figura 5.



	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Oxygène.....	Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofete. Base de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique.	Inconnu.
Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.	Radical boracique.	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
	Molybdène.....	Molybdène.
Nickel.....	Nickel.	
Or.....	Or.	
Platine.....	Platine.	
Plomb.....	Plomb.	
Tungstène.....	Tungstène.	
Zinc.....	Zinc.	
Substances simples fusibles terreuses.	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Épſom.
	Baryte.....	Barote, terre pesante.
	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.

Figura 5. Retrato de Antoine L. Lavoisier y su esposa Marie-Anne P. Paulze, por Jacques Louis David (1788) expuesto en el Metropolitan Museum of Art de Nueva York, y lista de 33 sustancias simples recogida por Lavoisier en su *Traité Élémentaire de Chimie* (1789).

La alusión al flogisto es idónea para ilustrar cómo, a pesar de suponer una teoría obsoleta, sirvió en su día para que avanzara la química experimental, incluso en el descubrimiento de nuevos elementos químicos como algunos metales, a lo largo del siglo XVIII.

Buena parte de las conclusiones sobre química por parte de Lavoisier fueron abordadas, años antes, por el conocido como "Leonardo da Vinci ruso" y "el hombre universal", Mijail Vasilevich Lomonósov (1711–1765) quien, entre múltiples aportaciones de diversidad de campos (geografía, astronomía, gramática, química...) anticipó el concepto de átomo.

El inglés John Dalton (1766–1844), que con el tiempo serviría para denominar a la alteración en la capacidad de distinguir los colores (daltonismo) que estudió en él mismo, recuperó la teoría atomista de los griegos para explicar la composición de la materia. En 1808 explicó en *A New System of Chemical Philosophy* que las propiedades específicas de los elementos derivan de sus átomos (del griego "indivisibles") constituyentes, que se podían visualizar como pequeñas esferas. Su teoría sugería que los átomos de distintos elementos poseen diferente masa y propiedades, y que se combinan para formar compuestos en propor-

ciones de números enteros sencillos (1:1, 1:2, 2:3...), lo que se conoce actualmente como ley de proporciones múltiples. Fue de los primeros en determinar los pesos atómicos por comparación del peso de cada sustancia al reaccionar con hidrógeno, tomando como referencia el valor de unidad para este elemento (Pellón, 2003). Representó cada átomo por un círculo con algún símbolo o con la inicial del elemento en inglés, como se recoge en la Figura 6. Su teoría de elemento químico es la actual: una sustancia que no puede descomponerse en otras más sencillas por procedimientos químicos y que está formada por átomos iguales (Pinto Cañón, Castro Acuña, Martínez Urreaga, 2006). Los alumnos pueden realizar modelos de esferas pintadas para discutir y comprender la teoría atómica de Dalton.

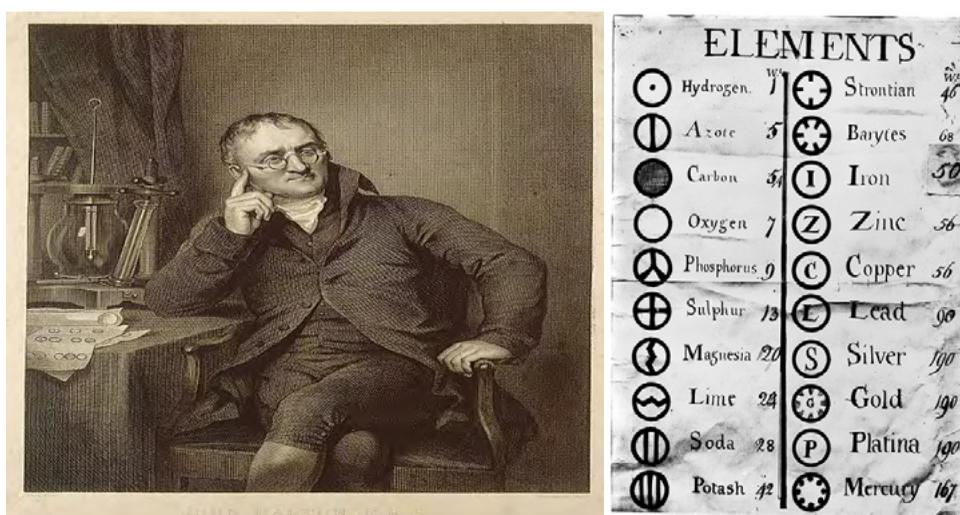


Figura 6. Retrato de John Dalton y lista de elementos donde se muestran los símbolos que ideó y sus correspondientes pesos atómicos.

La labor de determinación de pesos atómicos fue perfeccionada por el sueco Jöns J. Berzelius (1779–1848). Además, introdujo la simbología actual de los elementos por su nombre en latín y añadiendo una segunda letra si había que diferenciar entre varios de misma inicial. Surgieron así símbolos como Fe de *ferrum*, Ag de *argentum*, etc. También fue precursor de la formulación actual para los compuestos químicos, pero usando superíndices en vez de subíndices.

Esa tarea de determinación de pesos atómicos la realizó, de forma más concluyente, el italiano Stanislao Cannizzaro (1826–1910), quien distinguió entre pesos moleculares y atómicos y que protagonizó el Congreso de Karlsruhe (Alemania). Se trató de una reunión internacional de química celebrada en 1860 para unificar conceptos, donde se puso de manifiesto que existían ciertas regularidades en las propiedades de los elementos químicos (Román, 2000). Del ámbito latinoamericano asistieron Ramón Torres Muñoz de Luna (1822–1890) por España, Joaquim Simões de Carvalho (1822–1902) por Portugal, y el alemán Ludwig Frie-

drich Posselt (1817–1880) representando a México. El peso atómico de entonces se conoce actualmente como masa atómica relativa. Hasta entonces, existía una fuerte polémica entre *atomistas* (partidarios de emplear pesos atómicos) y *equivalencistas* (preferían trabajar con pesos equivalentes). En aquella época los pesos atómicos se determinaban aplicando la hipótesis de Avogadro para gases (enunciada en 1811) y por aplicación de la ley de Dulong y Petit (conocida desde 1819) para sólidos. Como es bien conocido por los docentes, las diferencias sobre el significado de este tipo de conceptos conllevan cierta controversia. Otro ejemplo del cuidado que hay que prestar al significado y evolución histórica de conceptos es la diferenciación entre valencia (término introducido a finales del siglo XIX para designar el “poder de combinación” de un elemento), carga formal y número de oxidación, no siempre de fácil asimilación por los alumnos.

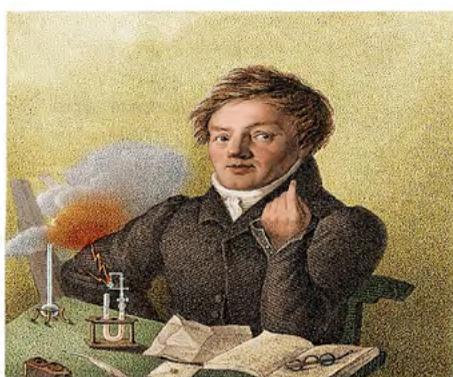
Desde mediados del siglo XIX hasta el primer tercio del siglo XX, se fue descubriendo cada vez más sobre la constitución de los átomos y se llegó a entender que consisten en pequeños núcleos formados por protones (carga positiva) y neutrones (carga neutra) rodeados de electrones (carga negativa y de mucha menor masa) (Pinto Cañón, Castro Acuña, Martínez Urreaga, 2006, Quílez, Lorente, Sendra, Enciso, 2009). Esto permitió comprender de forma más precisa lo que significa el concepto de elemento químico.

HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA TABLA PERIÓDICA

Para simplificar y racionalizar el estudio de la química de los elementos químicos, hubo múltiples intentos de clasificarlos en función de sus propiedades a lo largo del siglo XIX (Pinto, Martín, Calvo Pascual, de la Fuente, 2019; Scerri, 2013; Esteban Santos, 2009; Moeller, 1959; Calvo Rebollar, 2019; Scerri, 2015). No es fácil mostrar a los alumnos actuales cómo se ha desarrollado la TP, porque ya conocen el “resultado final” actual, pero tiene gran interés pedagógico porque es uno de los ejemplos más paradigmáticos del desarrollo de una teoría dentro de la historia de la ciencia.

Son emblemáticas en esta historia las “tríadas” del alemán Johann Wolfgang Döbereiner (1780–1849), que clasificó en 1829 algunos de los elementos conocidos, por propiedades químicas similares, en grupos de tres (como calcio, estroncio y bario) y advirtió que, en cada *tríada*, el peso atómico de un elemento era la media aritmética de los otros dos, de forma aproximada. A lo largo de dos décadas fue aumentando el número de sus *tríadas*. Para ilustrar un ejemplo de cómo se puede trabajar este aspecto con los alumnos, en la Figura 7 se recoge, aparte de su retrato, un ejemplo desarrollado por el autor de este artículo para que los alumnos trabajen en equipo sobre la construcción de las *tríadas*,

con cuatro de ellas. En este ejemplo, el color común de los elementos representa que tienen propiedades (como la estequiometría en la formación de hidruros u óxidos) similares, y se invita a los participantes a que los agrupen (partiendo de las fichas o cartas descolocadas) por colores iguales y señalen cuántos elementos hay en cada "familia" y si se observa alguna relación entre los pesos atómicos en cada una de estas.



*Dr. Wolfgang Doberiner
Professor an der Universität Bonn
und Ritter des weißen Falkenordens*

Litio 6,9	Sodio 23,0	Potasio 39,1
Calcio 40,1	Estroncio 87,6	Bario 137,3
Cloro 35,5	Bromo 79,9	Yodo 126,9
Azufre 32,1	Selenio 79,0	Telurio 127,6

Figura 7. Retrato de Doberiner y ejemplo del autor de este trabajo para recortar "cartas" o fichas para promover entre alumnos la generación de "tríadas" de elementos. Los números son los pesos atómicos y un mismo color denota propiedades análogas.

El ingeniero y geólogo francés Alexandre Émile Béguyer de Chancourtois (1820–1886), en 1862, colocó los elementos conocidos (y algunos compuestos) por orden creciente de peso atómico, sobre una curva helicoidal inscrita alrededor de un cilindro vertical con una circunferencia de 16 unidades (peso atómico del oxígeno), en la que los elementos que caían en la mismavertical tenían propiedades semejantes. Sugirió una ordenación que denominó vis tellurique (tornillo telúrico), y lo representó mediante una curva helicoidal donde el telurio (y de ahí su nombre) estaba en el centro (Chancourtois, 1863). Indicó que "las propiedades de los elementos son las propiedades de los números". En la Figura 8 se recogen dos fragmentos del tornillo telúrico original y una versión realizada por el autor como ejemplo de lo que pueden construir los alumnos para fabricar un cilindro según lo descrito por Chancourtois, y vislumbrar cómo apreció cierta periodicidad en las propiedades de los elementos. Para Scerri (2013), aunque Chancourtois recibió poca atención en su tiempo, fue quien realmente descubrió la periodicidad química.

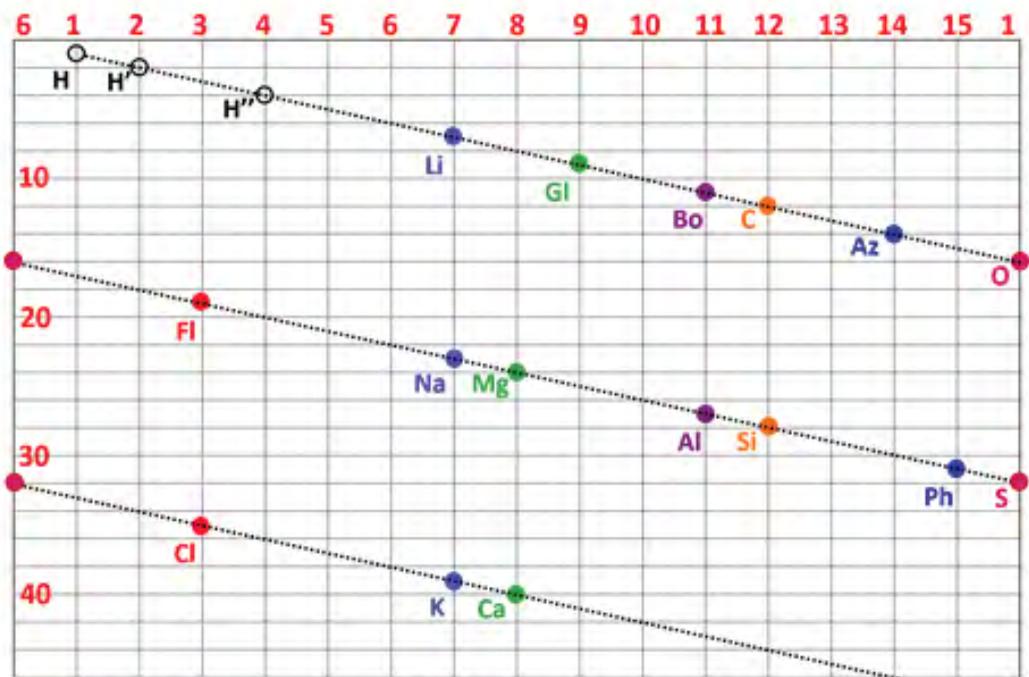
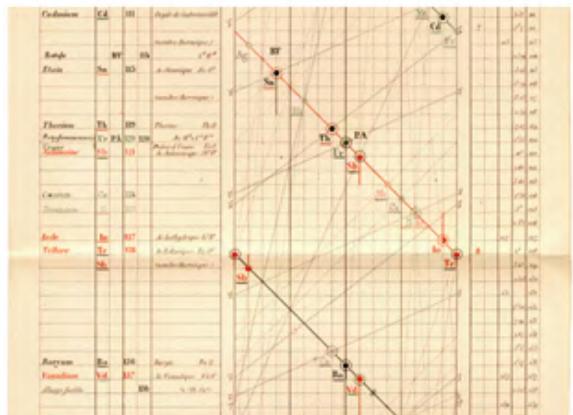
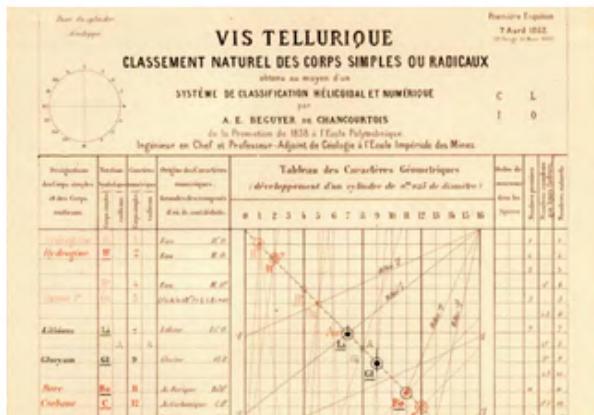


Figura 8. Fragmentos de la hélice telúrica de Chancourtois y dibujo desarrollado por el autor para recortar y pegar los extremos (en forma de cilindro). Se han respetado los símbolos de la época, como el Gl para el glucinio (hoy Be, berilio), boro (Bo, hoy B), Az (ázoe, nitrógeno, hoy N) y Ph (fósforo, hoy P).

El inglés William Odling (1829–1921) propuso en 1864 una clasificación de 57 elementos en trece grupos, de propiedades similares, ordenándolos por pesos atómicos.

En 1865, el químico inglés John Alexander Reina Newlands (1837–1898) apreció que cuando los elementos se ordenaban por pesos atómicos crecientes, cada ocho elementos existían semejanzas en las propiedades físicas y químicas. Como vislumbró en ello cierto parecido con la escala

musical, propuso que se podría denominar, "de forma provisional", como "Ley de las octavas" que fue ridiculizada pero, años después, fue reconocida. En la Figura 9, aparte de una herramienta educativa al respecto desarrollada por el autor, se recoge parte de un artículo de la época donde se informó sobre las octavas y la opinión adversa al respecto de algunos científicos contemporáneos a Newlands (Anónimo, 1866). Como curiosidad, el apellido Reina se debe al origen italiano de su madre. De hecho, Newlands participó muy joven, como voluntario, bajo el mando de Giuseppe Garibaldi en la conquista del reino de Nápoles (1860) para la unificación italiana.

Table II.—Elements arranged in Octaves.

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	Te 43	Au 49	Th 56

Dr. GLADSTONE made objection on the score of its having been assumed that no elements remain to be discovered. The last few years had brought forth thallium, indium, caesium, and rubidium, and now the finding of one more would throw out the whole system. The speaker believed there was as close an analogy subsisting between the metals named in the last vertical column as in any of the elements standing on the same horizontal line.

Professor G. F. FOSTER humorously inquired of Mr. Newlands whether he had ever examined the elements according to the order of their initial letters? For he believed that any arrangement would present occasional coincidences, but he condemned one which placed so far apart manganese and chromium, or iron from nickel and cobalt.

Mr. NEWLANDS said that he had tried several other schemes before arriving at that now proposed. One founded upon the specific gravity of the elements had altogether failed, and no relation could be worked out of the atomic weights under any other system than that of Cannizzarro.



Figura 9. Octavas de Newlands y tratamiento de su propuesta según una publicación de 1866 [Anónimo], e instrumentos musicales que utiliza el autor para explicar la "ley de las octavas".

De forma independiente, dos asistentes al Congreso de Karlsruhe, Mendeléiev y el alemán Julius Lothar Meyer (1830–1895), menos conocido en su tiempo, establecieron que existe una ley periódica, por la que las propiedades de los elementos (unos 60 entonces) se repiten con cierta periodicidad al aumentar su peso atómico. En la Figura 10 se muestra un retrato de ambos. La tabla de Meyer está fechada en diciembre de 1868, pero no se publicó hasta 1870, mientras que la de Mendeléiev fue comunicada por Menshutkin (por enfermedad del autor), en octubre de 1868, a las Sociedad Rusa de Química y se publicó en 1869 (Figura 11). Mendeléiev fue más consciente de la importancia de su clasificación, que fue modificando durante las cuatro décadas siguientes.

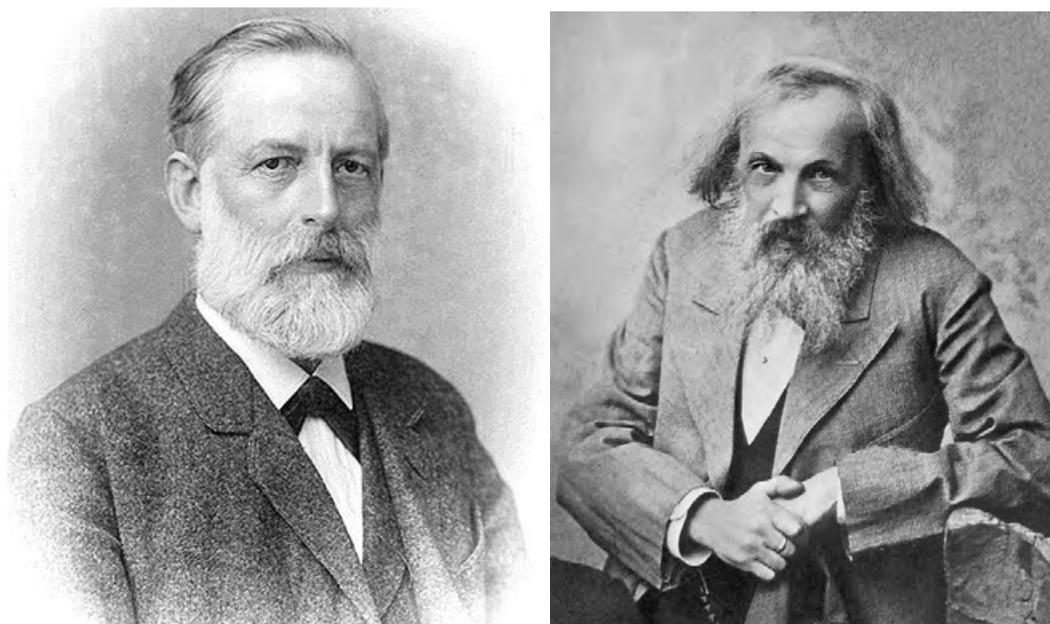


Figura 10. Retratos de Meyer (izq.) y Mendeléiev.



Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente. Von D. Mendelejeff. — Ordnet man Elemente nach zunehmenden Atomgewichten in verticale Reihen so, dass die Horizontalreihen analoge Elemente enthalten, wieder nach zunehmendem Atomgewicht geordnet, so erhält man folgende Zusammenstellung, aus der sich einige allgemeinere Folgerungen ableiten lassen.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni = 59	Pd = 106,6	Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
			Zn = 65,2	Cd = 112	
			? = 68	Ur = 116	Au = 197?
			? = 70	Sn = 118	
			As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
			Se = 79,4	Te = 128?	
			Br = 80	J = 127	
			K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
			Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
			? = 45	Ce = 92	
			?Er = 56	La = 94	
			?Yt = 60	Di = 95	
			?In = 75,6	Th = 118?	

1. Die nach der Größe des Atomgewichts geordneten Elemente zeigen eine stufenweise Abänderung in den Eigenschaften.
2. Chemisch-analoge Elemente haben entweder übereinstimmende Atomgewichte (Pt, Ir, Os), oder letztere nehmen gleichviel zu (K, Rb, Cs).
3. Das Anordnen nach den Atomgewichten entspricht der *Werthigkeit* der Elemente und bis zu einem gewissen Grade der Verschiedenheit im chemischen Verhalten, z. B. Li, Be, B, C, N, O, F.
4. Die in der Natur verbreitetsten Elemente haben *kleine* Atomgewichte.

Figura 11. Imágenes de la tabla periódica desarrollada por Mendeléiev en su cuaderno de laboratorio y en la revista alemana *Zeitschrift für Chemie* (1869).

No se descubrieron todos los elementos predichos por Mendeléiev a lo largo de su vida, pero visto siglo y medio después resulta admirable su intuición, considerando la inexactitud de muchos de los datos de que disponía. De su tabla se deducía una periodicidad de las propiedades, referidas esencialmente a las proporciones con las que se combinaban los elementos, y que dependían, a su juicio, de los pesos atómicos. Lo más relevante es que predijo la existencia de elementos que se descubrirían después, como el galio (*ekaaluminio*) y el germanio (*ekasilicio*), y que cambiara el orden en algún par de elementos [Román Polo, 2002]. De forma análoga a lo referido sobre las tríadas anteriormente, en la Figura 12 se recoge la tabla realizada por el autor para que, al recortar cada elemento, los alumnos los agrupen por propiedades parecidas (representado por el color común), colocando el menos pesado arriba a la izquierda y el resto, por peso atómico creciente, al bajar en cada columna y hacia la derecha de cada fila. Seguidamente se les pregunta si aparecen huecos y si se pueden colocar así los 11 elementos seleccionados.

Si = 28	? = 70	Sn = 118
P = 31	As = 75	Sb = 122
S = 32	Se = 79,4	Te = 128
Cl = 35,5	Br = 80	J = 127

Figura 12. Ejemplo de tabla diseñada por el autor de este trabajo para para recortar "cartas" con las que promover entre alumnos el conocimiento de diseño de tabla periódica por Mendeléiev. Los números son los pesos atómicos de la época. Se mantiene el símbolo original para el yodo, J, en vez de la i actual.

Gracias a la TP de Mendeléiev y otras como las comentadas, se pudieron relacionar las propiedades de los elementos y sus compuestos con otros de comportamiento similar, lo que sirvió de impulso para la racionalización de la química y, con ello, se facilita su estudio. Entre los problemas estaban, como se ha comentado, los "huecos" de elementos y algunas inversiones de orden, como telurio-yodo, que en un principio justificó por errores en el cálculo de pesos atómicos. Estas inversiones se explicarían en 1913, como otros aspectos esenciales de la TP, por la aportación del físico inglés Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887–1915), al justificar el concepto de número atómico, mediante la ley que lleva su nombre, que establece la relación empírica entre la frecuencia de los rayos X emitidos por cada elemento, con su número atómico (Figura 13) (Moseley, 1914). Fue la base para establecer la "ley periódica" moderna, según la cual, las propiedades físicas y químicas de los elementos muestran tendencias periódicas al ponerlos en orden por número atómico (y no del peso atómico, como la primitiva ley periódica de Mendeléiev). Moseley falleció con solo 27 años en la batalla de Galípoli (Turquía, 1915) en la Primera Guerra Mundial. Su trabajo fue fundamental para la comprensión de la estructura atómica (en concreto, el modelo de Bohr) y de la propia TP. La denominación de número atómico (*atomzahl* en alemán) con Z parece que procede de la palabra alemana *zahl* (número) que se asociaba a cada elemento, en la época de Moseley.



Figura 13. Fotografía de Moseley en el laboratorio Balliol-Trinity de la Universidad de Oxford (1910) y la representación de la raíz cuadrada de las frecuencias de emisión de rayos X de los elementos en relación a su número atómico, publicada en *Philosophical Magazine* (1914).

Las aportaciones de Mendeléiev, Meyer y otros científicos del siglo XIX, en la construcción de la TP, se acrecientan si se considera que, en su época, no se conocía la estructura de la materia a nivel atómico, y que la separación y la purificación de los elementos eran rudimentarias. Estos autores se solían referir a un "sistema periódico", término que permanece aún en idiomas como el alemán (*periodensystem*) si bien, con el tiempo, se fue denominando "tabla periódica" en otros como inglés (*periodic table*), francés (*tableau* o *table périodique*) y español (donde coexisten ambas denominaciones), al tratarse de una ordenación de los elementos en filas y columnas.

Entre otros muchos investigadores que han destacado en la historia de la construcción de la TP y en el descubrimiento de elementos, se citan aquí algunos más, por su especial importancia. En 1868 se descubrió el primer gas noble, helio, a partir de las líneas espectrales de la cromosfera del Sol, por el astrónomo francés Pierre Jules César Janssen (1824–

1907), lo que fue muy controvertido por no haberse encontrado en la Tierra y por discutirse si era algún tipo de hidrógeno. En 1895 el físico inglés John William Strutt, conocido como Lord Rayleigh (1842–1919) descubrió el argón, en colaboración con el químico escocés William Ramsay (1852–1916). Este último descubrió tres años después otros gases nobles (Kr, Ne y Xe). Aunque inicialmente estos gases le supusieron una contrariedad a Mendeléiev, pues no había previsto un lugar adecuado en su tabla, finalmente fueron una brillante confirmación de su ley periódica, y se incluirían por Ramsay como grupo 0 de la TP. En la Figura 14 se muestran dos caricaturas de la época de Ramsay (donde señala en una TP los elementos que descubrió) y de William Crookes (1832–1919), químico inglés también muy popular en su día, que descubrió el talio y, como tantos otros investigadores, con una biografía digna de ser profundizada por los alumnos.

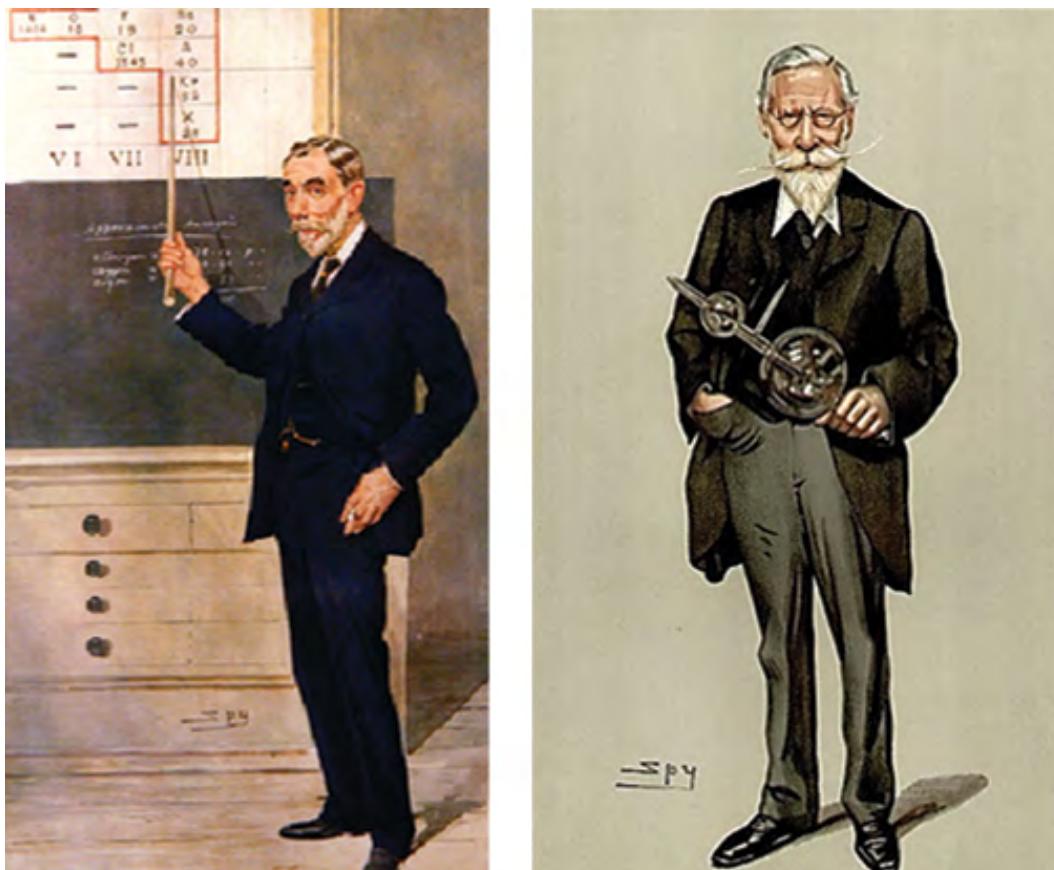


Figura 14. Caricaturas de principios del siglo XX de Ramsay (izq.) y de Crookes

El químico y físico inglés Frederick Soddy (1877–1956) explicó la importancia del peso atómico ponderado (teniendo en cuenta la proporción de cada isótopo) y fue quien acuñó el término "isótopo" (Soddy, 1913). Creó este neologismo basado en las palabras griegas isos (igual) y topos

(lugar), refiriéndose a átomos con igual número de protones (número atómico) y distinta masa atómica (por poseer diferente número de neutrones). Él mismo explicó que se le ocurrió la denominación de isótopos o elementos isotópicos, por ocupar el mismo lugar en la TP y ser químicamente idénticos.

El físico danés Niels Henrik David Bohr (1885–1962) realizó contribuciones fundamentales para la comprensión de la estructura del átomo y de la mecánica cuántica, como el físico alemán Erwin Schrödinger (1887–1961).

Más recientemente, a partir de los años cuarenta del pasado siglo, el químico nuclear norteamericano Glenn Theodore Seaborg (1912–1999) colaboró activamente en el descubrimiento y aislamiento de diez elementos transuránicos (de mayor número atómico que el uranio): Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No y Sg (este se denominó seaborgio en su honor). En la Figura 15 se muestra una fotografía de Seaborg donde la imagen de la TP al fondo resalta lo consciente que fue este investigador en su desarrollo.



Figura 15. Fotografía de Seaborg.

Aunque un estudio detallado excedería los objetivos de este trabajo, en la Figura 16 se ilustran algunas de las teorías atómicas más relevantes, dado que su comprensión ha sido esencial para comprender la ley periódica. Al respecto, se recomienda visitar la web donde el profesor Andy Brunning, muy conocido en los últimos años por sus infografías sobre conceptos relacionados con la química, explica y resume, de forma muy didáctica, aspectos sobre la estructura de la materia y la propia tabla periódica (Brunning, 2019). En este punto, la Figura 17 recoge un "icono" típico sobre la estructura atómica, ampliamente extendido e incluso tomado por asociaciones y webs de sociedades científicas; aunque es un símbolo muy conocido, refleja una estructura para el átomo que puede ser negativa para alumnos de ciertas edades y público en general, pues les podría llevar a pensar en un núcleo de gran tamaño rodeado de "órbitas" sobre las que giran los electrones a modo de movimientos planetarios con trayectorias definidas. Es un ejemplo del cuidado que hay que tener con los símbolos y analogías. Otro ejemplo es que, según parece, el propio Joseph John Thomson (1856–1940) se lamentó de la popularidad de su analogía para su "modelo del pudín de pasas", donde parece que los electrones están incrustados y estáticos, cuando él era consciente de que tenían que estar en continuo movimiento.

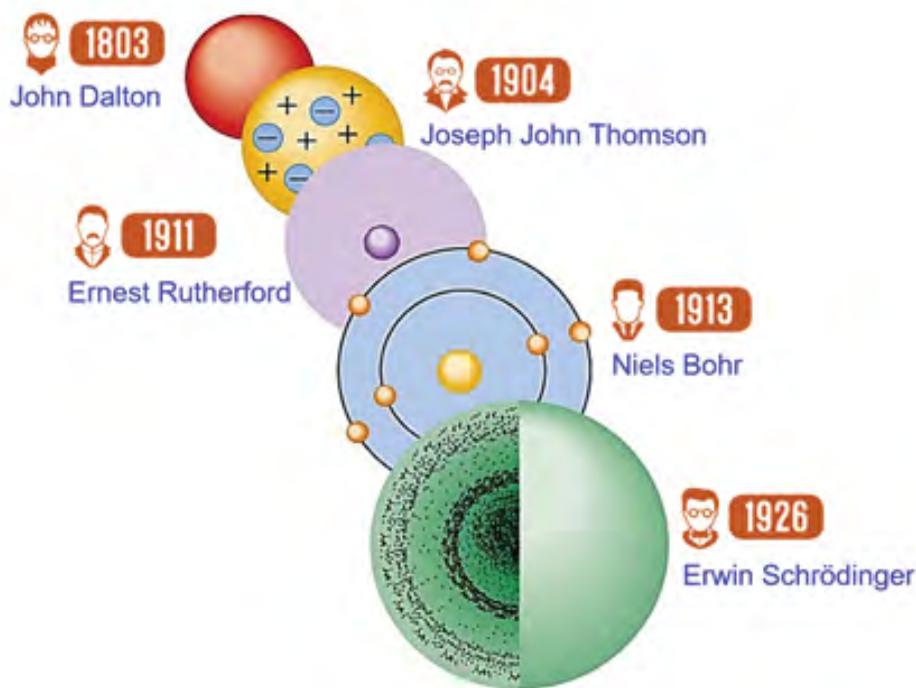


Figura 16. Esquema de la evolución de los modelos atómicos.

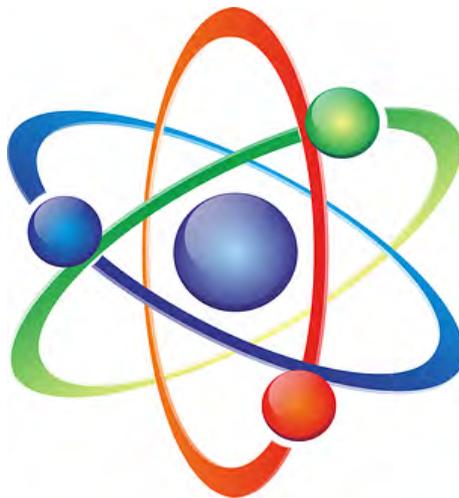


Figura 17. Icono típico para representar la estructura atómica.

La mecánica cuántica, consolidada a finales de la década de los 20, aportaría la explicación actual de la TP. Así, las propiedades de los elementos varían periódicamente con el número atómico (número de protones del núcleo del átomo, coincidente con su número de electrones de la corteza) que no siempre implica un aumento de peso atómico (dependiente del número de protones pero también del número de neutrones presentes en el núcleo atómico). Los electrones se distribuyen en orbitales atómicos con energía "cuantizada", no continua. Otro aspecto que conviene indicar es que la periodicidad no se produce para los mismos intervalos, sino sucesivamente, cada 2, 8, 8, 18, 18, 32 y 32 unidades de número atómico. Las propiedades físicas y químicas se repiten aproximadamente al repetirse la disposición de los electrones de la capa electrónica más externa (de valencia). Así, los alcalinotérreos, como el magnesio y el calcio, poseen propiedades análogas, como la formación de cationes M^{2+} , porque la configuración de su capa de valencia es del tipo s^2 , mientras que los halógenos, como el cloro y el bromo, tienen propiedades similares, como la formación de aniones X^- , porque su configuración es del tipo s^2p^5 , o todos los gases nobles son muy poco reactivos porque tienen completa su capa de valencia (s^2p^6).

Esto no es sencillo de asimilar por estudiantes de educación secundaria, pero su potencialidad didáctica es tan relevante que en muchos países, como España, se aborda (desde hace décadas) en los currículos oficiales para alumnos de 14-15 años de edad (Pinto, Martín, Calvo Pascual, de la Fuente, 2019); en otros, se opta por enseñar una química más macroscópica en la etapa introductoria y estos aspectos se abordan en cursos superiores.

Cuando el autor de este trabajo expone aspectos de la tabla periódica para alumnos de distintas etapas educativas y público en general, suele

aludir a la contribución “española”, calificándola de “digna” (Pinto Cañón 2019). Solo hay del orden de una decena de países cuyos científicos han descubierto 2 o más de los elementos (Elguero, 2007), y uno de ellos es España, con tres, como se resalta en uno de los sellos de la Figura 18, emitido con ocasión del Año Internacional de la Tabla Periódica. En todo caso, a veces es difícil precisar quién descubre un elemento químico: ¿La primera persona que lo detecta? ¿El primero que lo aísla? ¿El que lo caracteriza en primer lugar? Incluso, puede haber controversias porque se realizó el descubrimiento en distintos sitios y los protagonistas tuvieron diferente fortuna en la difusión de su conocimiento. Tampoco todos los países actuales se corresponden con los de hace cien o doscientos años, ni parece conveniente hacer de esta cuestión un ejercicio de nacionalismo, dado que, como se ha señalado, la TP es un logro colectivo. Los tres elementos aludidos son: el platino, descubierto por el marino y científico ilustrado Antonio de Ulloa y de la Torre (1716–1795), natural de Sevilla, durante la expedición científica conocida como *Misión Geodésica* por los actuales Colombia, Ecuador y Perú (Pinto, 2017); el wolframio, descubierto en el *Real Seminario Patriótico de Vergara* (Guipúzcoa) por los hermanos logroñeses Elhuyar y Lubice: Juan José (1754–1796) y Fausto Fermín (1755–1833); y el vanadio, descubierto por el madrileño Andrés Manuel del Río Fernández (1764–1849) en México. Aunque la RAE admite también la denominación de tungsteno (más extendida en el ámbito anglosajón), la comunidad de químicos españoles suele preferir que se designe wolframio.

Otras aportaciones españolas, más recientes, de la época conocida como Edad de Plata de la ciencia española, en la primer tercio del siglo XX, son las de Blas Cabrera y Felipe (1878–1945) en el estudio de las propiedades magnéticas de los átomos, las de Enrique Moles Ormella (1883–1953), que llegó a ser secretario de la *Comisión de Pesos Atómicos* de la IUPAC, y las de Miguel Antonio Catalán Sañudo (1894–1957), por su interpretación de la configuración electrónica y la elaboración de una TP basada en los espectros atómicos. Aparte del sello ya mencionado, en la Figura 18 se muestra otro emitido en España en 2007, con ocasión del centenario de la muerte de Mendéleiev, que fue diseñado por el profesor Javier García Martínez (Pinto, 2007), que recientemente fue elegido para presidir la IUPAC entre 2022 y 2023.

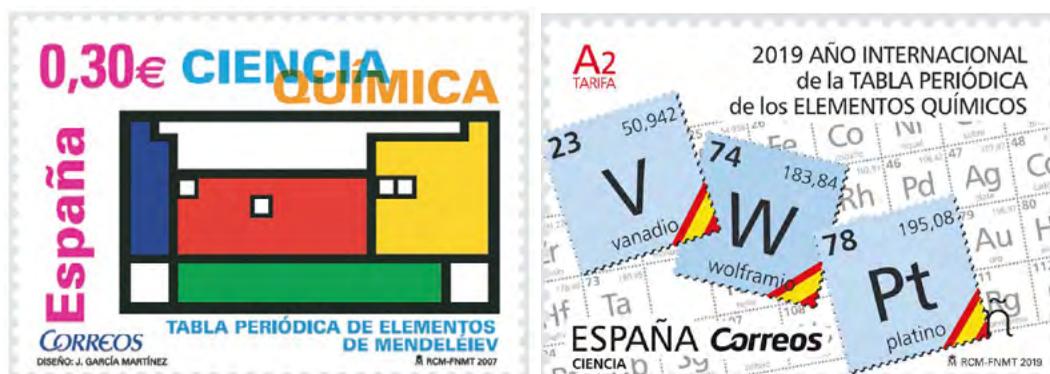


Figura 18. Sellos emitidos en España sobre la tabla periódica, en 2007 y en 2019.

Entre la abundante bibliografía sobre la génesis e historia de la TP, se recomienda el reciente trabajo de Andriiko y Lunk (2018). En la Figura 19 se incluye una figura donde se representa la evolución del conocimiento de elementos químicos desde la antigüedad hasta el presente, acompañada de hitos en su desarrollo y, brevemente, distintas tecnologías que facilitaron el descubrimiento de nuevos elementos.

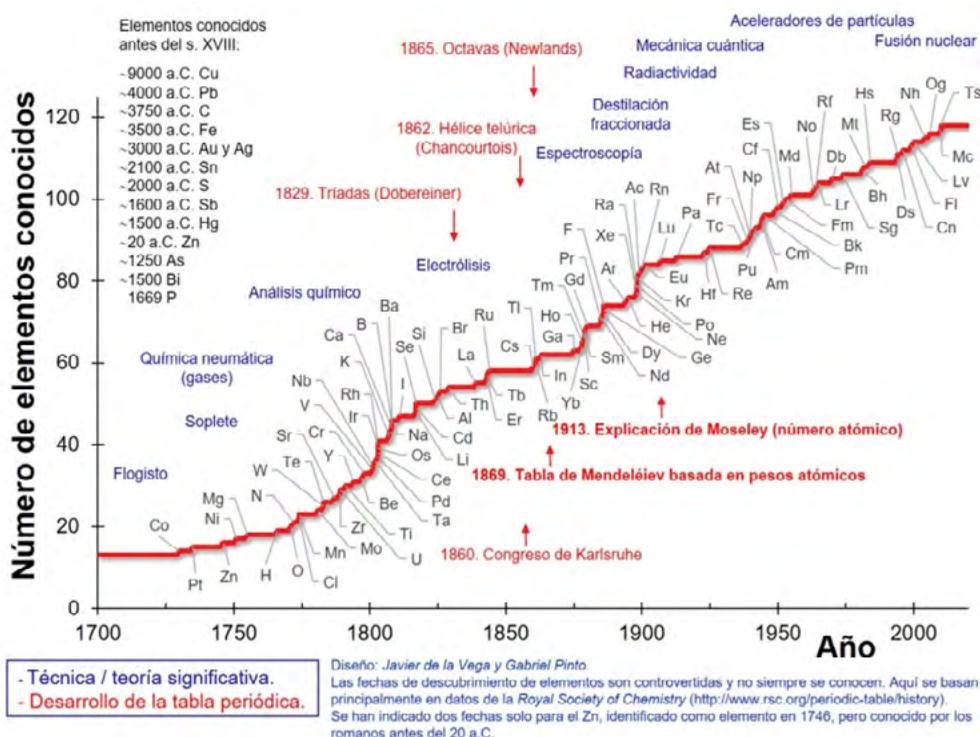


Figura 19. Evolución temporal del conocimiento de elementos químicos desde la antigüedad hasta el presente, acompañada de hitos en su desarrollo y, brevemente, distintas tecnologías que facilitaron el descubrimiento de nuevos elementos.

Un trabajo motivador para muchos alumnos podría ser buscar las biografías de los personajes (y otros relacionados con ellos) que aparecen en este artículo e indagar sobre el origen de los nombres de los elementos, que remiten a localidades, países, científicos, propiedades, mitología, etc. (Román Polo, 2018).

FORMAS DE REPRESENTAR LA TABLA PERIÓDICA

La labor del profesorado, el alumnado y las editoriales de libros de texto en la evolución de la TP ha sido crucial. Esto no es habitual; es de los pocos ejemplos que podemos encontrar en ciencias donde un logro científico no ha sido el resultado únicamente de trabajos en laboratorios universitarios y de centros de investigación, sino que se ha desarrollado también en las aulas. El propio Mendeléiev se esforzó en clasificar los elementos químicos con objeto, en buena medida, de racionalizar el estudio de la química inorgánica para un libro de texto. Parece ser que era muy aficionado a los juegos de cartas de solitarios, con los que se entretenía en sus frecuentes viajes en tren. Según relatos apócrifos, durante uno de estos, para visitar varias fábricas, preparó una carta para cada elemento, donde anotó en cada una el peso atómico y propiedades típicas; al ordenarlas por peso atómico, se convenció de que las propiedades se repetían con cierta periodicidad de los pesos atómicos.

La TP de Mendeléiev pasó a explicarse en las aulas universitarias con relativa rapidez. Según Villafañe (2019), la primera mención en un libro de texto escrito en español es en el titulado *Tratado Elemental de Química General y Descriptiva*, escrito por Santiago Bonilla Mirat (1844–1899) en 1880 y donde, en el epígrafe titulado “Fundamentos de la clasificación de Mendéleeff”, se describen los “principios de la ley periódica” y se refieren los descubrimientos del galio y del escandio. En la Figura 20 se muestra la considerada como la TP educativa más antigua conservada; se encontró de casualidad hace pocos años en la Universidad de Saint Andrews (Escocia) y se supone que data de alrededor de 1885. En la Figura 21 se muestra otro ejemplo de TP académica muy común en los años 30 del pasado siglo, donde se seguía el modelo propuesto por el químico estonio Andreas von Antropoff (1878–1956). Doctorado en Heidelberg (Alemania), se formó con Ramsay en Londres y fue profesor en San Petersburgo. Tras ser arrestado en 1918 por el Soviet de Petrogrado, pasó a trabajar en la Universidad de Bonn, donde llegó a decano y destacó por ser un nacionalsocialista convencido. En su modelo de TP, cada grupo se identifica con diferentes colores (elegidos por alguna propiedad de los elementos correspondientes), mediante barras de unión entrelazadas (Mans, 2010). En la Figura 22 se muestra un ejemplo de TP de un libro de texto editado a mediados de los años cincuenta del siglo pasado (Galmés, 1955); como curiosidad, se observa que figura el elemento ilinio en lugar del nombre que adoptaría con posterioridad: prometio.

Periodische Gesetzmässigkeit der Elemente nach Mendeleieff

Reihen	Gruppe I R ² O	Gruppe II RO	Gruppe III R ² O ³	Gruppe IV RH ⁴ RO ²	Gruppe V RH ³ R ² O ⁵	Gruppe VI RH ² RO ³	Gruppe VII RH R ² O ⁷	Gruppe VIII RO ⁴
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	Sc=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59 Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	Ga=68	--=72	As=75	Se=79	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	--=100	Ru=104, Rh=104 Pd=106, Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	Ce=137	La=139	-	Di=145?	-	- - - -
9	(-)	-	-	-	-	-	-	- - - -
10	- 165	- 169	Er=170	-173	Ta=182	W=184	-	Pt=194, Os=195(?) Ir=193, Au=196

Figura 20. Tabla periódica de alrededor de 1885 utilizada en la Universidad de Saint Andrews.

SISTEMA PERIODICO DE LOS ELEMENTOS

I																		II
H																		He
0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII										10
He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										Ar
200	694	9,02	10,82	12,00	14,008	16,00	19,00	202										37,4
10	11	12	13	14	15	16	17	18										18
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										Ar
202	22,997	24,32	26,97	28,06	31,04	32,07	35,457	37,4										37,4
0	Ia	IIa	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa	Ia	IIa	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa	0	
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37,4	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Kr	Rb	Sr	Yt	Zr	Nb	Mo	Mn	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	X
82	85	86	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
X	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Em
132	133	137	138	178	181	184	186	187	188	190	193	197	201	204	207	209	210	222
Em	Vg	Ra	Ac	Th	Pa	U												
222	223	226	227	232	231	238												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	TIERRAS RARAS			
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
	140,2	140,9	144,24		150,43	152,0	157,0	162,5	163,0	167,27	168,93	173,04	174,96	175,0				

Figura 21. Tabla periódica que sigue el modelo de von Antropoff, conservada en el Instituto de Educación Secundaria San Isidro de Madrid. Fotografía realizada y remitida al autor por las profesoras M^a. José Gómez y Rosario Ramos, respectivamente.

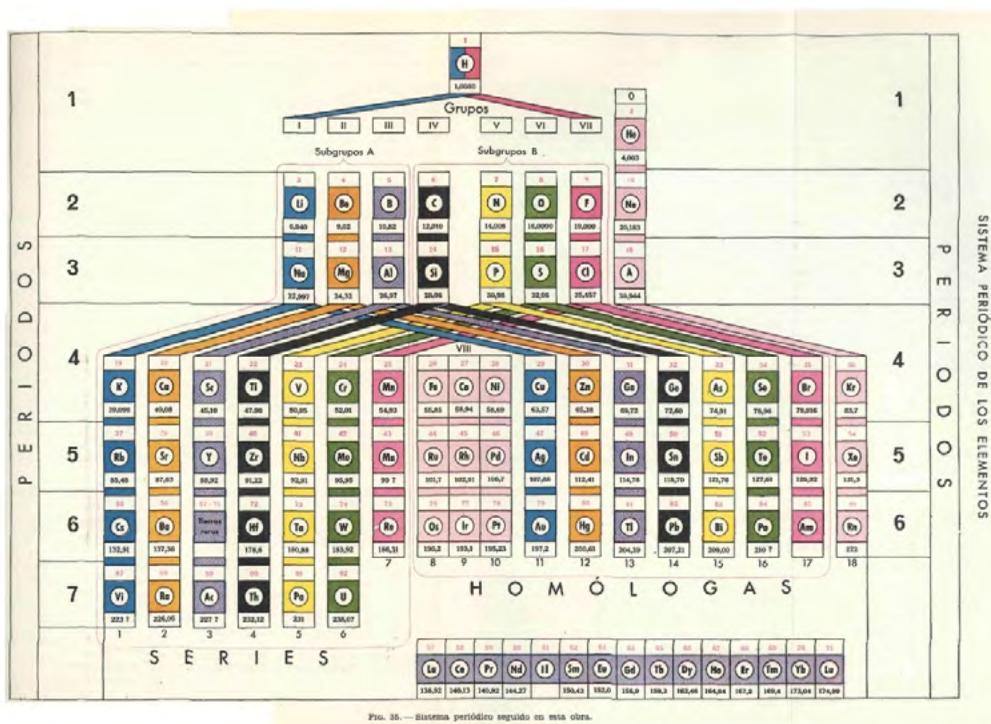


Figura 22. Tabla periódica de mediados del siglo XX

Se han ideado diferentes estructuras a lo largo de la historia a partir de la TP inicial de Mendeléiev, colocando los elementos de formas variadas. Las familias de elementos con propiedades similares, que en un principio representó en filas, ahora (como ya hizo él mismo en sucesivas actualizaciones) se recogen en columnas. Los profesores Álvarez y Mans (2019) describen la evolución de la TP a lo largo de 150 años en la Universidad de Barcelona y, con ella, en otras instituciones y publicaciones. Destacan que “la tabla periódica es un organismo vivo”, como analogía para destacar que no es una herramienta estanca, sino que evoluciona con el tiempo.

La forma de TP más conocida y usada, que aparece en casi todos los libros de texto y publicaciones actuales, es la que se muestra en la Figura 23. En este modelo hay 7 períodos; a veces se incluye un octavo con solo dos elementos, Uue (119, *ununennium*) y Ubn (120, *unbinilium*), aún no descubiertos. También hay 18 columnas numeradas de la 1 a la 18. Hace unos años, las columnas (familias o grupos de elementos) se designaban por grupos IA a VIII A (elementos representativos) y de IB a VIIB, más un VIII (que incluye los grupos del Ni, Fe y Co), para agrupar los metales de transición. Algunos grupos tienen nombre especial, como alcalinos, alcalinotérreos y halógenos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	* 72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	* 104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				* 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Figura 23. Modelo de TP más utilizado en la actualidad.

Existen aún ciertas discrepancias sobre algunos aspectos. Así, en algún caso se coloca el He encima del Be, por ser la columna de las configuraciones electrónicas s^2 , pero se suele ubicar encima del Ne, como típico gas noble que es. Con el H ocurre algo similar; aunque se suele colocar encima del Li, porque ambos son de configuración s^1 , a veces se dispone encima del F por presentar propiedades más similares a las de los halógenos que a las de los metales alcalinos. Existen muchas variedades de colores, que suelen representar tres grandes familias de elementos: metales, no metales y semimetales (también denominados metaloides). Pero también se usan colores, a veces, para distinguir los elementos que se presentan como sólido, líquido o gas, en condiciones especificadas de temperatura y presión, así como si se trata de elementos sintéticos. El galio se identifica en algunas TP como líquido pero, en realidad, su punto de fusión normal es 29,8 °C.

El modelo de TP de 18 columnas se atribuye al químico norteamericano Horace Groves Deming (1885–1970), que lo publicó en 1923, para los elementos conocidos entonces. La empresa química y farmacéutica Merck la distribuyó ampliamente por centros de enseñanza media de Estados Unidos desde 1928 y, en la década siguiente, se difundió en manuales y enciclopedias de química por la empresa de material educativo Sargent-Welch.

Lo mínimo que suele figurar en la casilla de cada elemento en las TP actuales es su símbolo, nombre, número atómico y peso atómico, pero también se pueden incluir otras muchas propiedades (electronegatividad, estados de oxidación, puntos de fusión y ebullición, configuración electrónica, etc.).

Por no realizar figuras de TP excesivamente anchas, los elementos de transición interna (lantánidos y actínidos) se colocan generalmente en filas debajo de la TP general, con varias versiones. En la mostrada en la Figura 23, se han colocado el La y el Ac (como primeros lantánidos y actínidos, respectivamente) debajo del Y. En otras, se disponen en esas posiciones al Lu y al Lr (como últimos lantánidos y actínidos, respectivamente). También existen versiones de TP donde lantánidos y actínidos están insertados en la propia tabla principal, con lo que queda muy alargada.

La interpretación de estos ordenamientos está de acuerdo a las configuraciones electrónicas de los elementos, de forma que, una vez se domina la cuestión, es muy fácil entender qué configuración electrónica posee cada elemento, solo observando dónde está ubicado en la TP.

En todo caso, ha habido, y sigue habiendo, multitud de propuestas menos convencionales, mostrando muchas veces importantes dotes de creatividad. Entre otras, se recogen dos ejemplos al respecto en la Figura 24.

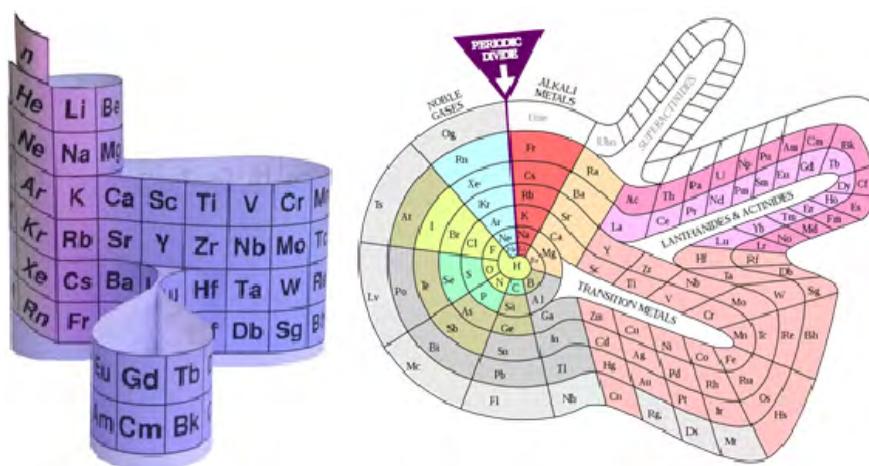


Figura 24. Propuestas de tablas periódicas. Izq.: Por Roy Alexander (patentada en 1971), con forma tridimensional. Der.: Por Theodor Benfey (1964), donde se agrupan los elementos en una espiral con los metales de transición, lantánidos y actínidos formando "penínsulas".

SIGNIFICADO E INTERPRETACIÓN DE LA TABLA PERIÓDICA MODERNA

Como se ha indicado, podemos considerar la TP hoy en día como un reflejo de los resultados de la física cuántica en cuanto a la interpretación de las configuraciones electrónicas. Pero no conviene olvidar que también nos explica con bastante precisión por qué las propiedades atómicas de los elementos varían de forma periódica con el número atómico y, por tanto, con la posición que ocupan los elementos en la TP. Dicho de

otro modo, gracias a los estudios de Mendeléiev y otros autores sobre cómo variaban las propiedades de los elementos, y gracias a los avances sobre la comprensión de la estructura atómica, se ha podido elaborar una TP de los elementos que nos permite razonar e interpretar de una forma óptima cómo varían muchas propiedades. Dado que el estudio de esto en detalle excede los objetivos de este artículo, se recomienda al lector interesado que visite la página Web de la *Royal Society of Chemistry* (Royal Society of Chemistry, RSC), que incluye también información para descargar como *app*. Se incluye allí una TP interactiva donde se puede elegir una presentación convencional de los elementos (con sus símbolos) o con imágenes. En ella, se puede visualizar el estado físico de cada elemento (entre 0K y 6000K de temperatura), se incluyen una breve historia (incluso en formato *podcast* y en vídeo) e información sobre el origen etimológico de cada elemento y, quizá lo más interesante, se puede elegir una propiedad determinada (densidad, radio atómico, electronegatividad, punto de fusión, punto de ebullición y energía de la primera ionización) para apreciar de forma muy visual lo que significa la periodicidad. Es así una buena ocasión para que los alumnos indaguen sobre esta cuestión. Algunos recursos para el aprendizaje tanto de los modelos atómicos como de las propiedades periódicas de los elementos se recogieron en un trabajo anterior (Pinto, 2018).

Otra fuente de información muy relevante sobre la TP es la que se ofrece en la Web con el título de *Webelements* (Winter), que incluye incluso la posibilidad de comprar productos curiosos (modelos moleculares, camisetas, accesorios, pósteres, etc.) sobre el tema.

Saber sobre la TP no es una mera curiosidad; conociéndola bien y entendiendo sobre las variaciones periódicas que refleja, se puede justificar perfectamente cómo se forma un semiconductor tipo "n" o "p", por "dopado" de un elemento como el Si o el Ge, se pueden valorar alternativas para sintetizar nuevos superconductores de materiales cerámicos avanzados, se puede razonar el efecto biológico de un catión u otro, o predecir qué elementos se forman por desintegración radiactiva a partir de los núcleos de un elemento concreto, por poner algunos ejemplos.

Entre la infinidad de recursos existentes para explicar las propiedades periódicas de una forma atractiva para los alumnos, se comenta brevemente una experiencia ideada por el autor de este trabajo para estudiar la variación de la conductividad eléctrica. Los participantes (pueden ser desde dos a varias decenas de personas) hacen un corro dándose la mano y dos de ellos sujetan un "*energy stick*" (juguete científico de bajo coste) (Prada Pérez de Azpeitia, Martínez Pons 2019), que se enciende y suena (lleva tres LEDs y un generador de ruido) al cerrarse el circuito (la piel "conduce" por el sudor). Se ponen, entre dos manos del corro,

diversos elementos químicos en forma de objetos cotidianos: Cu (un trozo de tubería), C (un lapicero con puntas en los dos extremos), Fe (un clavo); Au (un anillo), S (un cilindro de venta en parafarmacias para calmar el dolor de cuello, que en España se comercializa con el nombre de "calmalín"). Los participantes deben discutir la conductividad encontrada con la estructura (el profesor puede aportar modelos para distinguir entre el grafito y diamante, o de moléculas de S_8 , etc.) y posición del elemento en la TP. Es especialmente curioso realizar esta experiencia con un papel pintado con lapiceros de dos tipos: H (*hard*, no conduce, porque aparte de grafito lleva bastante arcilla en la mina) y B (*black*, que conduce mejor porque tiene más grafito). La Figura 25 recoge fotografías de eventos donde se realizaron este tipo de medidas.



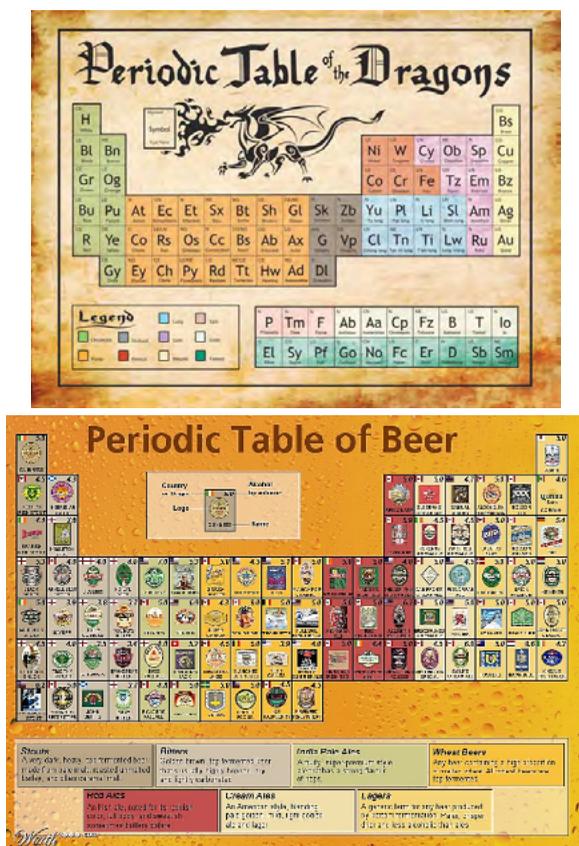
Figura 25. Detección de la conductividad eléctrica de la piel con un *energy stick* y sobre un papel con láminas de grafito depositadas con un lápiz tipo B.

Algunas aportaciones sobre el futuro previsible de la TP se publicaron por el autor recientemente (Pinto Cañón, 2019). También se aporta información al respecto en el monográfico que, con motivo de la celebración del año internacional de la TP, editó la Real Sociedad Española de Química (Pinto, Martín, Pellón, Román, 2019). En dicho monográfico se recogen, en una página por cada uno, las características de los 118 elementos conocidos y de dos que están potencialmente por descubrir (Uue y Ubn), así como un artículo donde se introduce la TP que ha diseñado EuChemS para concienciar sobre la importancia de los elementos químicos y la sostenibilidad, y otro que describe la vida y obra de Mendeléiev.

LA TABLA PERIÓDICA COMO ICONO CULTURAL Y FUENTE DE INSPIRACIÓN CREATIVA

Para lectores con deseos de seguir introduciéndose en el tema de la TP y para que se recomiende su lectura a alumnos y público en general, se sugiere, aparte de los textos recogidos en las referencias, dos libros: el de Oliver Sacks, (2006), donde explica el atractivo que le supuso la tabla periódica en su infancia, aunque profesionalmente se dedicó, ya de adulto, a la neurología, y el de Theodore Gray (2009), con fotografías espectaculares sobre los elementos químicos y sus aplicaciones realizadas por Nick Mann y él mismo, que se recogen también en una página Web. Son ejemplos de la potencialidad de la TP como fuente de inspiración literaria.

La TP también es motivo de inspiración para otro tipo artes, como cine, teatro, pintura, etc. y, cómo no, de publicidad. Entre los múltiples ejemplos que ha habido y han surgido con motivo de la efeméride celebrada en 2019, se han seleccionado algunos que se muestran en la Figura 26. Estos ejemplos también pueden ser herramientas educativas: se puede discutir si responden a una variación periódica de algo, si el número de casillas coincide con el de la TP, entre otras cuestiones.



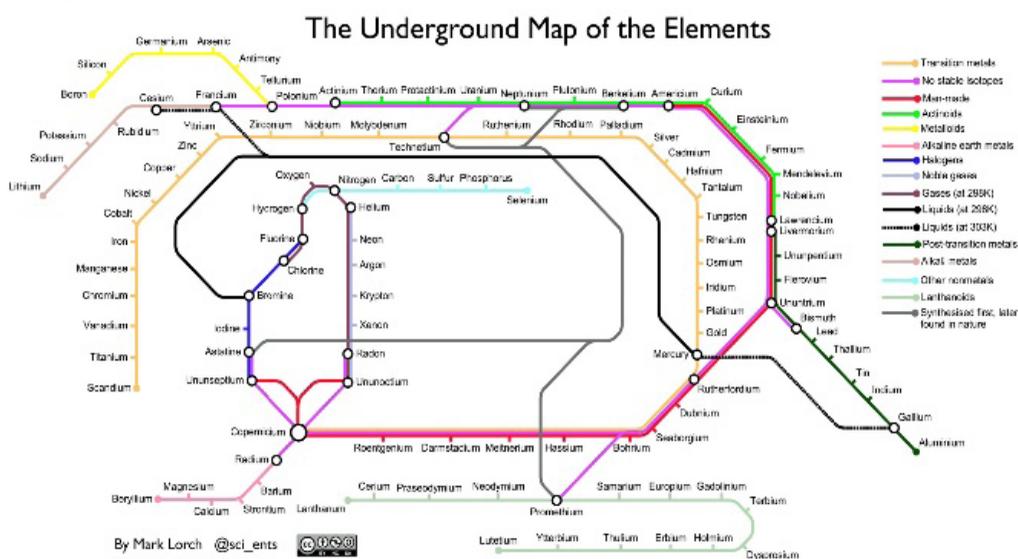
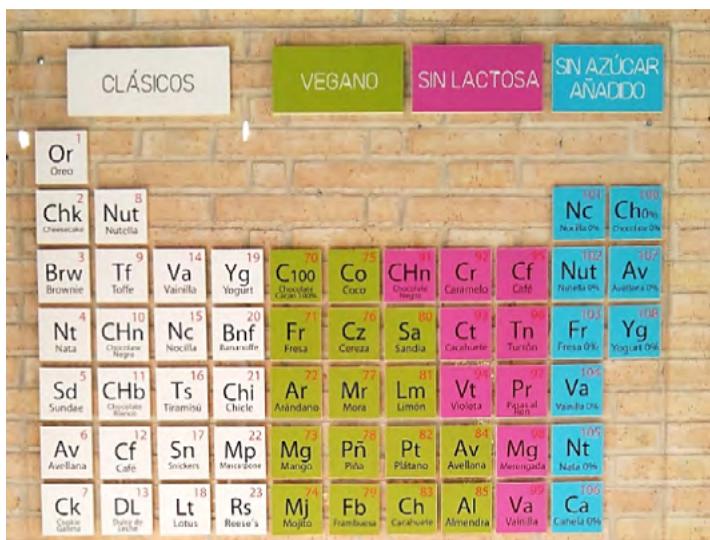


Figura 26. Ejemplos de asimilación del icono de la TP a otras clasificaciones (productos en una heladería, tipos de cerveza y clasificación de "dragones") y de agrupación de los elementos a partir de otro icono gráfico (las líneas de metro de una ciudad).

Multitud de concursos celebrados en diversos países con motivo de la efeméride celebrada en 2019 sobre la TP, especialmente dirigidos a alumnos de etapas preuniversitarias, han puesto de manifiesto tanto el interés que suscita el tema como la creatividad que sugiere (Pinto, 2019).

CONCLUSIONES

La historia de la construcción de la TP es un ejemplo de cómo se desarrolla la ciencia. El resultado es apasionante; es difícil imaginar en cualquier área del saber otro esquema tan fundamentado y con tanta información útil recogida en una tabla que entra en una hoja. Este icono universal no sólo es historia; es clave para entender muchos avances y progresos en multitud de áreas, como la física nuclear, la ciencia de los materiales, la biomedicina, por mencionar algunas.

A lo largo de este trabajo, se han destacado algunas ideas sobre la TP que se pueden resumir en:

- Para su comprensión y desarrollo histórico se necesita tener unas ideas básicas sobre el concepto de elemento químico, tipos de elementos y la historia de sus descubrimientos.
- Debe comprenderse la importancia que, durante las primeras décadas del planteamiento de las propiedades periódicas, tuvieron los conceptos de pesos atómicos y equivalentes.
- Es necesario entender la evolución en los dos últimos siglos de nuestro conocimiento de la estructura atómica.
- Se resalta que la TP es un logro que se ha conseguido con un importante aporte desde el ámbito de la educación en sus distintas etapas.
- La TP (en sus distintas versiones gráficas) justifica las propiedades físicas y químicas periódicas de los elementos.
- La TP es un importante recurso educativo y, por la implicación de tecnologías (descubrimiento de elementos), áreas científicas (física, química, geología...) y aspectos artísticos diversos, no solo se limita a la química sino que es excelente para el ámbito STEAM.
- La base de la interpretación de la TP moderna es la química cuántica. Eso no quiere decir que los alumnos en edades tempranas tengan que conocer esta área a fondo pero, según edad y nivel educativo, sí sus consecuencias (por ejemplo, las configuraciones electrónicas).
- Se trata de un icono cultural del mundo contemporáneo.
- Es fuente de inspiración para la creatividad en distintos aspectos artísticos y comerciales.
- Es un ejemplo de resultado científico que no está terminado ni, quizá, pueda estarlo nunca. Esto puede ser especialmente instructivo para las nuevas generaciones, que apreciarán así que "queda mucho por hacer" en el desarrollo científico.

E incluso se podría añadir una última conclusión sobre la TP: su estudio es una oportunidad para aprender de todo (ciencia, historia, etimología, literatura...). Y el autor de este trabajo da cuenta de ello; en sus más de 30 años de profesor universitario, jamás había aprendido sobre temas tan diversos como con ocasión de las actividades en las que se ha implicado con motivo de la efeméride en torno a la TP.

Ojalá la celebración del *Año Internacional de la Tabla Periódica*, en el sesquicentenario de la propuesta inicial de Mendeléiev, haya servido para que se conozca más, especialmente por las jóvenes generaciones, esta joya de la humanidad, no siempre suficientemente valorada.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la invitación de la Prof. Dra. M. Gabriela Lorenzo para publicar este trabajo. También se agradece la ayuda recibida de la Fundación Obra Social "La Caixa", a través del proyecto divulgativo "La tabla periódica: un icono de la ciencia que merece conocerse".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, S., Mans, C. (2019) *150 Anys de taules periòdiques a la Universitat de Barcelona*, Universitat de Barcelona.
- Andriiko, A. A., Lunk, H. J. (2018). The short form of Mendeleev's Periodic Table of Chemical Elements: toolbox for learning the basics of inorganic chemistry. A contribution to celebrate 150 years of the Periodic Table in 2019, *Nature*. <https://doi.org/10.1007/s40828-018-0059-y>
- Anónimo, (1866). Proceedings of Societies, *Chemical News*, 13, 113.
- Aragón, F. (2004). *Historia de la química*, Síntesis, Madrid.
- Asimov, I. (1985). *Breve historia de la química*, Alianza Editorial, Madrid.
- Brunning, A. (2019). *Compound Interest*. <https://www.compound-chem.com/>
- Calvo Rebollar, M. (2019). *Construyendo la tabla periódica*, Prames, Zaragoza.
- Chancourtois, A. E. B. (1863). *Vis tellurique: classement naturel des corps simples ou radicaux obtenu au moyen d'un système de classification hélicoïdal et numérique*, Mallet-Bachelie, París.
- Elguero, J. (2007). España y los elementos de la tabla periódica, *Anales de Química*, 103(4), 70-76.
- Esteban Santos, S. (2009). *La historia del sistema periódico*, Cuadernos

de la UNED, Madrid.

- Galmés, J. (1955). Química inorgánica, Salvat, Barcelona
- Gray, T. (2009). *The elements: A visual exploration of every known atom in the universe*. Black Dog y Leventhal Publishers. Nueva York. Con información complementaria (imágenes, vídeos, etc.) en: <https://bit.ly/36OJIBy>
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), (2019) *The International Year of the Periodic Table: A common language for science*. <https://www.iypt2019.org/>
- Lavoisier, A. (1789). *Traité Élémentaire de Chimie*, Cuchet, París, p. 192.
- Mans, C. (2010). La tabla periódica del edificio histórico de la Universidad de Barcelona, *Química e Industria*, 587, 36-40.
- Moeller, T. (1959) *Química inorgánica*, 3ª edición, Reverté, Barcelona.
- Morales López, A.I. (2019). Hacia la igualdad de género en la historia del sistema periódico, *Anales de Química*, 115(3), 227-234.
- Moseley, H. G. J. (1914). The high-frequency spectra of the elements, Part II, *Philosophical Magazine*, 27, 709.
- Pellón, I., (2003). *Dalton: El hombre que pesó los átomos*, Nivola, Tres Cantos, Madrid.
- Pinto Cañón, G., Castro Acuña, C. M. Martínez Urreaga, J. (2006). *Química al alcance de todos*, Pearson Alhambra, Madrid.
- Pinto Cañón, G. (2019) *La tabla periódica: algo más que un icono de la ciencia*. En Quintín Garrido (Ed.), "Ciencia. Y un gran paso para la humanidad", Ed. Apadrina la Ciencia. Madrid, pp. 42-55. Accesible en: <https://bit.ly/2GJnYuW>
- Pinto, G. (2007). A postage stamp about the periodic table, *Journal of Chemical Education*, 84, 1919.
- Pinto, G. (2017). Antonio de Ulloa and the discovery of platinum: An opportunity to connect science and history through a postage stamp, *Journal of Chemical Education*, 94, 970-975.
- Pinto, G. (2019). El concurso escolar "Nuestra tabla periódica": Una iniciativa para fomentar la motivación del profesorado y alumnado en áreas STEAM, *Anales de Química*, 115(4) 332-343.
- Pinto, G., Martín, M., Pellón, I., Román, P. (Ed.), (2019). Número monográfico por el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos, *Anales de Química*, 115(2). Accesible en: <https://bit.ly/2rm5Gvy>

- Pinto, G., Martín, M., Calvo Pascual, M. A., de la Fuente, A. (2019). Año internacional de la tabla periódica (2019): Una oportunidad para abordar contextos de didáctica e historia de la física y la química, *Revista Española de Física*, 33(1), 10-18.
- Pinto, G. (2018). [Modelos atómicos y propiedades periódicas de los elementos químicos: Recursos para el aprendizaje](#), *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 93, 41-45.
- Prada Pérez de Azpeitia, F. I., Martínez Pons, J. A. (2019). La física es cool con el *energy stick* y la bola de plasma, *Revista Española de Física*, 33(1), 36-39.
- Quílez, J., Lorente, S., Sendra, F., Enciso, E. (2009). *Afinidad química: 2º curso de bachillerato*, ECIR Editorial, Paterna, Valencia.
- Real Academia Española (2019), <https://www.rae.es/>
- Román Polo, P. (2018). Los nombres de los elementos químicos desde el siglo XVIII hasta nuestros días. En D. Ruíz-Berdún, (Ed.), *Ciencia y Técnica en la Universidad: Trabajos de historia de las ciencias y de las técnicas, Vol. I*. Universidad de Alcalá: Servicio de Publicaciones, pp. 173-184.
- Román Polo, P. (2002). *Mendeléiev: El profeta del orden químico*, Nivola, Tres Cantos, Madrid.
- Román, P. (2000). El congreso de Karlsruhe y sus personajes, *Anales de Química*, 96(4), 45-53.
- Royal Society of Chemistry (RSC). Periodic table. <http://www.rsc.org/periodic-table/>
- Sacks, O. (2006). *El tío Tungsteno: Recuerdos de un químico precoz*, Anagrama, Madrid.
- Scerri, E. (2013). *La tabla periódica: Una breve introducción*, Alianza Editorial, Madrid.
- Scerri, E. (2015). The discovery of the periodic table as a case of simultaneous discovery, *Phil. Trans. R. Soc. A* 373: 20140172.
- Soddy, F. (1913). Intra-atomic charge, *Nature*, 92, 399-400.
- UNESCO, (2018). *2019 is proclaimed the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements*. <https://bit.ly/31MZQ31>
- Villafañe, F. (2019). Santiago Bonilla Mirat: Retrato de un químico olvidado, *Anales de Química*, 115(4), 326-331.
- Winter, M. *Webelements: The periodic table on the WWW*. <https://www.webelements.com/>

Artículo invitado

LOS ARBOLES DE PERIODICIDAD Y LOS ELEMENTOS DEL BLOQUE D DE LA TABLA PERIÓDICA ESTÁNDAR

Alfio Zambon

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Argentina.

E-mail: alfiozambon@gmail.com

Resumen. El sistema periódico basado en triadas de número atómico, propone una representación donde el criterio principal es el orden creciente de los números atómicos, y el criterio secundario se establece mediante la formación de triadas de números atómicos, sin apelar a las configuraciones electrónicas ni ninguna consideración cuántica. Aunque la tabla propuesta se basa en triadas de números atómicos, la relación fundamental en la arquitectura de la tabla está dada por los "árboles de periodicidad": sistemas simétricos de elementos interrelacionados por medio de las triadas, que contienen 20 elementos cada una y toman el lugar de los grupos tradicionales. En este trabajo, desarrollaremos la propuesta de "árboles de periodicidad" y la aplicaremos a discusiones actuales en la tabla periódica, particularmente a los elementos que integran el bloque d de la tabla periódica estándar.

Palabras clave: Triadas de número atómico, Árboles de periodicidad, Bloque d

The periodicity trees and the elements of block d of the standard periodic table

Abstract. The periodic system based on triads of atomic number, proposes a representation where the main criterion is the increasing order of atomic numbers, and the secondary criterion is established through the formation of triads of atomic numbers, without appealing to electronic configurations or any quantum consideration. Although the proposed table is based on triads of atomic numbers, the fundamental relationship in the architecture of the table is given by the "periodicity trees": symmetric systems of interrelated elements by means of the triads, which contain 20 elements each and they take the place of traditional groups. In this work, we will develop the "periodicity trees" proposal and apply it to current discussions in the periodic table, particularly to the elements that make up block d of the standard periodic table.

Key words: Triads of atomic number, Periodicity trees, Block d

"La biblioteca es ilimitada y periódica. Si un eterno viajero la atravesara en cualquier dirección, comprobaría al cabo de los siglos que los mismos volúmenes se repiten en el mismo desorden (que, repetido, sería un orden: el Orden). Mi soledad se alegra con esa elegante esperanza."

Jorge Luis Borges¹

¹ Extraído del cuento "La biblioteca de Babel" (Borges (2005)).

INTRODUCCIÓN

Las tablas periódicas se construyen con base en dos criterios: a) un criterio primario, generalmente horizontal, que ordena los elementos químicos de forma secuencialmente creciente; y b) un criterio secundario, generalmente vertical, que permite agrupar los elementos en familias químicamente similares. El primero da lugar a los períodos y el segundo a los grupos en la tabla periódica estándar (TPE). Las primeras tablas periódicas desarrolladas a fines del siglo XIX o principios del siglo XX (como Mendeleev, Meyer o Werner) tenían como criterio principal el peso atómico, y los criterios secundarios se utilizaron como la valencia máxima en la formación de óxidos, o similitudes en la reactividad química (van Spronsen 1969). Desde el descubrimiento del número atómico por Henry Moseley, y el desarrollo de configuraciones electrónicas y los números cuánticos en las primeras décadas del siglo XX, las tablas desarrolladas tomaron como criterio principal el número atómico, y como secundario una combinación de los números cuánticos.

El primer indicio de una regularidad numérica subyacente a los elementos químicos fue propuesto a principios del siglo XIX por el químico alemán Döbereiner, quien señaló que ciertos elementos en grupos de tres presentaban semejanza química y una particular relación aritmética: el peso atómico (o peso equivalente) del segundo elemento, era casi exactamente el promedio de los otros dos, llamando a esta agrupación *tríada*. Este autor encontró cuatro tríadas de pesos atómicos.

Scerri (2007, 2008) reformuló el concepto de tríadas, pasando del peso atómico al número atómico para su definición, dando como resultado tríadas precisas. También sugirió el uso de tríadas de números atómicos como un posible criterio categórico secundario, basado en el hecho de que el número atómico es la única propiedad esencial de los elementos químicos si se consideran sustancias básicas y no sustancias simples. Zambon (2018) propuso una representación del sistema periódico donde el criterio primario está dado, como es usual en las tablas actuales, por el orden creciente de los números atómicos, y el criterio secundario se establece por la formación de tríadas de números atómicos, aunque la tabla propuesta se basa en tríadas de números atómicos, la relación fundamental en la arquitectura de la tabla está dada por los "árboles de periodicidad": sistemas simétricos de elementos interrelacionados por medio de las tríadas, que contienen 20 elementos cada una y se proponen como alternativa a los grupos tradicionales.

En este trabajo, presentaremos de manera resumida la propuesta del sistema periódico basado en tríadas de número atómico, y discutiremos su posible aplicación para la enseñanza de la periodicidad química, particularmente para discutir los elementos del llamado bloque d.

EL CONCEPTO DE ELEMENTO

No existe actualmente un consenso acerca del estatus ontológico de los elementos y de cómo se los debe individualizar. Históricamente, se han ofrecido dos respuestas a la pregunta acerca de la naturaleza de un elemento químico (Weisberg, Needham y Hendry 2011):

- 1) Un elemento es una sustancia que puede existir aislada y que no admite ulterior análisis.
- 2) Un elemento es una sustancia componente de una sustancia compuesta.

Estas dos tesis describen a los elementos de formas distintas. La primera surge en el siglo XVIII, cuando Antoine Lavoisier (1743-1794), propone una definición operacional de elemento, este autor considera a los elementos como el producto último del análisis químico. De este modo, se otorga prioridad a las propiedades observables y medibles. La visión de Lavoisier impregnó fuertemente el desarrollo científico hasta nuestros días.

El segundo sentido proviene de la filosofía presocrática, donde el concepto de elemento se refería a aquello que resulta primario, fundamental y persistente, en oposición a lo que es secundario, derivado y transitorio, y tenía el sentido de un principio originario de todo lo real abstracto, este sentido fue revalorizado por Dimitri Mendeleev (1834-1907), al afirmar que los elementos químicos, además de poder ser concebidos como cuerpos o sustancias simples (aislables), los elementos son sustancias básicas, abstractas (inobservables), con una única propiedad: su peso atómico. De acuerdo con Mendeleev, el cuerpo o sustancia simple queda junto al compuesto, relegado al mundo de las apariencias. El elemento entendido como sustancia básica es el único principio explicativo, los elementos como sustancias básicas no tienen existencia fenoménica, se encuentran siempre "ocultos" en un cuerpo simple o compuesto. Se trata de esa manera de una realidad fundamental, claramente abstracta, que explica la conservación y permanencia de los elementos a pesar de las reacciones químicas (Bensaude-Vincent, 1989). Sobre la base de esta distinción, que manifiesta prioridad ontológica a los elementos entendidos como sustancias básicas, Mendeleev sostuvo que la clasificación periódica debía basarse en esta concepción y no en las apariencias fenoménicas de los elementos.

Con el gran avance de la física cuántica a principios del siglo XX, en el ámbito de la química se consolidó la teoría atómica, comenzándose a asimilar el concepto de elemento al de átomo. No obstante, a partir del descubrimiento de los isótopos por parte de Soddy (1913), los elementos parecieron "multiplicarse", y la duda acerca de si se trataba o no de elementos nuevos desató la llamada "crisis de la tabla periódica" (Scerri, 2005).

Es en el contexto de esta crisis que Friedrich Paneth (1931) retoma la naturaleza dual del concepto de elemento, diferenciando entre los

elementos como sustancias simples de acuerdo a sus manifestaciones fenomenológicas, y los elementos considerados en un sentido abstracto como sustancias básicas, a los que les otorgó como única propiedad, ya no su peso atómico—como Mendeleev—, sino su número atómico, en consonancia con la nueva mecánica cuántica (para detalles, véase Scerri, 2005). Para Paneth, no se trata de dos descripciones de una misma entidad, producto de una limitación epistémica a ser superada en el futuro por su mejor conocimiento; según el autor, el concepto de elemento químico presenta en sí mismo una doble naturaleza (Paneth, 1931).

El estatus epistemológico de la sustancia básica forma parte de las discusiones actuales en torno a la naturaleza del concepto de elemento, han sido abordadas en años recientes por historiadores, químicos, educadores y filósofos de la química. Estas discusiones ponen en evidencia el desacuerdo existente: si bien existe un amplio consenso acerca de la extensión del concepto, no sucede lo mismo respecto de su intensión, ni con la terminología empleada (cfr., por ejemplo, Bent, 2006, Hendry, 2006, Schwarz, 2007, Earley, 2009, Ruthenberg, 2009, Scerri, 2012).

EL SISTEMA PERIÓDICO BASADO EN TRIADAS DE NÚMERO ATÓMICO

Uno de los pilares a partir de los que se construyó el sistema periódico fue el concepto de tríada propuesto por Döbereiner (Scerri, 2007)². A principios del corriente siglo Eric Scerri (2008, 2010) reformuló el concepto de tríada, empleando el número atómico en lugar del peso atómico para su definición, de esta manera las tríadas resultaron de números enteros. También este autor sugirió el uso de tríadas de número atómico como posible criterio secundario. Scerri empleó este criterio para pronunciarse acerca de problemas sobre los fundamentos de la clasificación periódica, como la posición del hidrógeno y el helio, o la discusión acerca de los elementos que deben integrar el grupo tres. A pesar que en la TPE (y en las representaciones directamente derivadas de ella) existe un gran número de tríadas, que puede aumentarse con el desplazamiento del hidrógeno al grupo de los halógenos, en esas representaciones no es posible considerar a la formación de tríadas como un criterio secundario propiamente dicho, ya que no incluye a todos los elementos.

En el sistema periódico basado en triadas (SPT) (Zambon, 2018) se presenta una representación del sistema periódico, donde el criterio primario está dado, como es usual, por el orden creciente de números atómicos, y el criterio secundario queda establecido por la formación de tríadas de número atómico. La representación se basa en tres factores que actuarán como criterios para la construcción de la tabla: la concepción de los elementos en su carácter de sustancias básicas, las tríadas

2 Según Scerri (2007) el otro pilar fue la hipótesis de Prout.

de número atómico y la información química sobre el comportamiento de los elementos como sustancias simples.

Para la construcción de la tabla se emplea el número atómico de manera creciente como criterio principal, y la formación de tríadas de número atómico como criterio secundario, de manera que una tríada es todavía una colección de tres elementos, donde el número atómico del elemento central es la media aritmética de los otros dos. Sin embargo, deja de ser identificada por el hecho de que los tres elementos tienen necesariamente propiedades macroscópicas similares. Ahora, dos de los elementos de la tríada pertenecen a períodos consecutivos con la misma longitud, es decir, del mismo bloque³, y la tercera pertenece a un bloque diferente, por lo que, pertenece a un período de diferente longitud. En este enfoque, los elementos de un mismo bloque presentarán similitud en sus propiedades químicas, y el tercer elemento, o elemento "conector", desempeña la función de vincular bloques consecutivos. La idea de un elemento conector sólo cobra sentido cuando se consideran a los elementos además de como sustancias simples, como sustancias básicas. Mediante los elementos conectores, se forman las bifurcaciones en los árboles de periodicidad (véase la próxima sección). Esta forma de concebir tríadas muestra que es posible organizar los elementos químicos sin apelar a las configuraciones electrónicas, pero, simultáneamente, sin tener que aferrarse exclusivamente a las propiedades macroscópicas de las sustancias simples. La periodicidad química puede ser caracterizada de manera formal y abstracta por sí misma, y ser compatible al mismo tiempo con el conocimiento empírico acumulado (Zambon, 2018).

La tabla está estructurada de la siguiente manera: los períodos de esta tabla se obtienen mediante la organización de los elementos según el aumento de número atómico. En cada período se forma una nueva generación de tríadas, y cada generación tendrá tantas tríadas como elementos tenga el período (figura 1) donde la generación comienza, de tal manera que:

- El primer período contiene únicamente el elemento 0.
- El segundo uno contiene únicamente el elemento 1.
- El tercer período comienza con el elemento 2 y continúa hasta el elemento 9. En este punto se obtiene la tríada de la generación cero (0-1-2).
- El cuarto período comienza con el elemento 10 y continúa hasta el elemento 17. En este punto se obtiene la tríada de la primera generación (1-9-17).
- El quinto período comienza con el elemento 18 y continúa hasta

3 En el SPT el término "bloque" se emplea de manera diferente a la TPE.

el elemento 35. En este punto se obtienen las ocho tríadas de la segunda generación, representadas por las líneas a la izquierda, entre los bloques B y C (de 2-10-18 a 9-17-25).

- El sexto período comienza con el elemento 36 y continúa hasta el elemento 53. Aquí obtenemos las tríadas de la tercera generación, representadas por las líneas a la derecha entre los bloques B y C (de 10-28-46 a 17-35-53).
- El séptimo período comienza con el elemento 54 y continúa hasta el elemento 85. Aquí obtenemos las tríadas de la cuarta generación, representadas por las líneas a la izquierda entre los bloques C y D (de 18-36-54 a 35-53-71).
- El octavo período comienza con el elemento 86 y continúa hasta el elemento 117. Aquí obtenemos las tríadas de la quinta generación, representadas por las líneas a la derecha entre los bloques C y D (de 36-68-100 a 53-85-117).
- El noveno período comienza con el elemento 118, incluye a los elementos hipotéticos aún no descubiertos 119 a 135. Aquí obtenemos las tríadas de la sexta generación, representadas por las líneas a la derecha entre los bloques D y E (de 54-86-118 a 71-103-135).

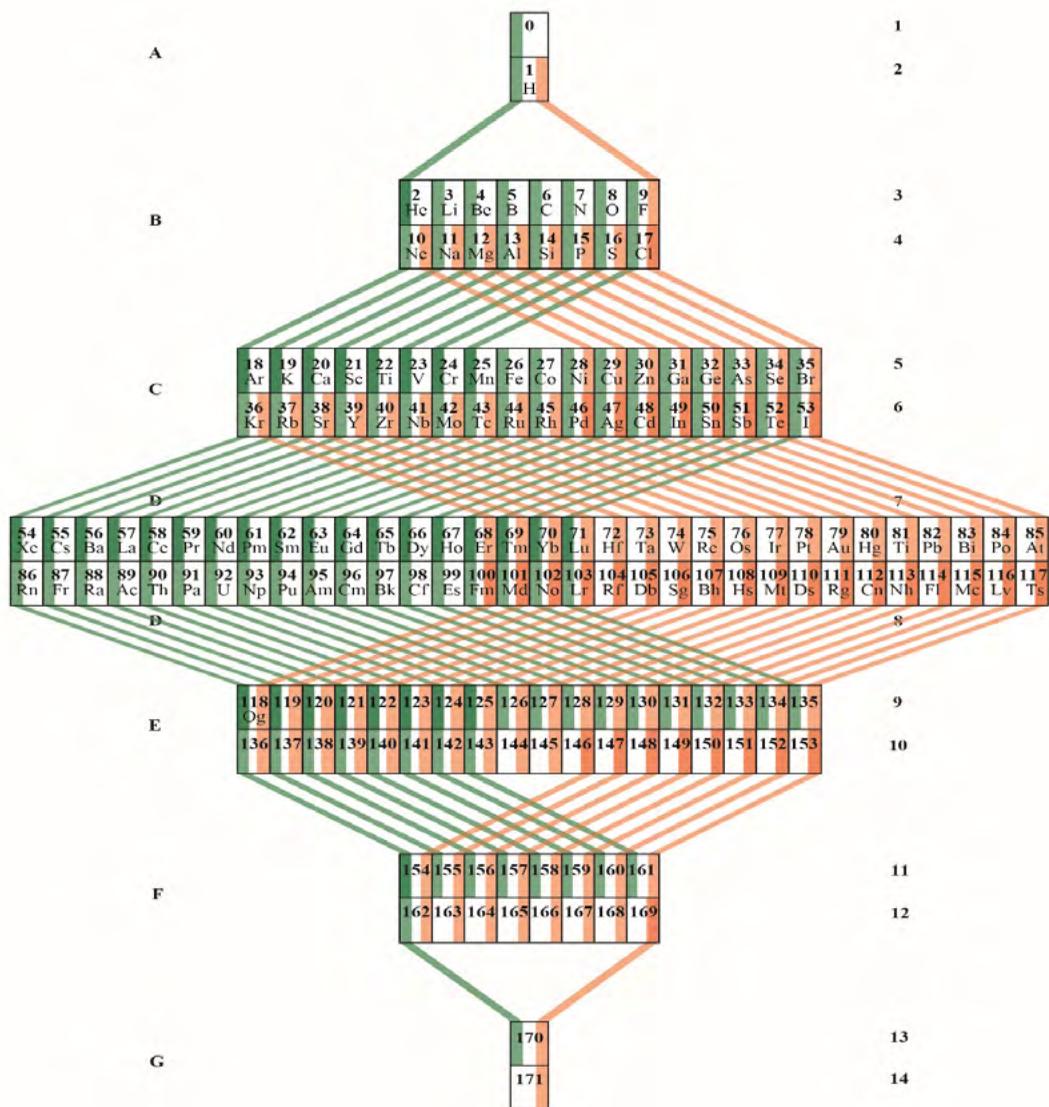


Figura 1. Triadas de número atómico, en verde las de generación pares, en naranja las de generación impares (Zambon, 2018)

El décimo período comienza con el elemento 136 y continúa hasta el elemento 153, todos ellos elementos hipotéticos aún no descubiertos. Aquí obtenemos las tríadas de la octava generación, representadas por las líneas a la izquierda, entre los bloques D y E (de 100-118-136 a 117-135-153).

El undécimo período comienza con el elemento 154 y continúa hasta el elemento 161, todos ellos elementos hipotéticos aún no descubiertos. Aquí obtenemos las tríadas de la novena generación, representadas por las líneas a la derecha entre los bloques E y F (de 118-136-154 a 125-143-161).

El duodécimo período comienza con el elemento 162 y continúa hasta el elemento 169, todos ellos elementos hipotéticos aún no descubiertos. Aquí obtenemos las tríadas de la novena generación, representadas por las líneas a la izquierda entre los bloques E y F (de 146-154-168 a 153-161-169).

El período de trece contiene sólo el elemento 170. Aquí obtenemos la tríada de la décima generación, representada por la línea entre los bloques F y G (sólo 154-162-170).

Por último, el período decimocuarto contiene sólo el elemento 171 (final). Aquí se obtiene la tríada de la undécima generación, representada por la línea a la izquierda entre los bloques F y G (sólo 169-170-171).

Los períodos de esta nueva tabla van llenándose según número atómico creciente de los elementos partiendo del 0. Los períodos contienen 1, 1, 8, 8, 18, 18, 32 y 32 elementos, respectivamente, si se extrapolara la serie para la construcción de la tabla, el séptimo período debería contener 50 elementos. Sin embargo, las anomalías en algunos elementos de séptimo período, sugieren una reversión, lo que da lugar a la propuesta de una sucesión que se invierte a partir del octavo período. En esta propuesta los elementos se agrupan de manera que todos quedan involucrados en al menos una tríada, en la figura 1 se marcan las tríadas de las sucesivas generaciones, pudiendo entonces este criterio, ser adecuadamente considerado un criterio secundario de clasificación. Al conjunto de elementos relacionados mediante tríadas se lo llama "árbol de periodicidad", encontrándose 9 estructuras de este tipo (véase figura 2), este concepto se propone como alternativo al concepto de "grupo" tradicional en la TPE. En los árboles de periodicidad es posible relacionar elementos que se encuentran en los mismos grupos de las series A y B⁴ de la SPT mediante la formulación de elementos "conectores". Esto posibilita abordar problemas actualmente en discusión, como la ubicación del hidrógeno y el helio, y presentar una solución alternativa para la ubicación de los elementos integrantes del grupo tres (véase más adelante). También sobre la posición de los elementos recientemente sintetizados y los aún no descubiertos.

LOS ÁRBOLES DE PERIODICIDAD

Aunque el sistema desarrollado en la sección anterior se basa en tríadas de números atómicos, y parte del principio que las tríadas manifiestan

4 La IUPAC recomienda nombrar los grupos del 1 a 18 en lugar de series A y B, en este trabajo empleamos simultáneamente la convención anterior, porque permite resaltar relaciones químicas entre los grupos A y B, que resultan más fácil de visualizar de esa manera.

las conexiones abstractas entre los elementos, las cuales sólo cobran sentido en el plano de la sustancia básica. De este modo, cada tríada no debe ser pensada

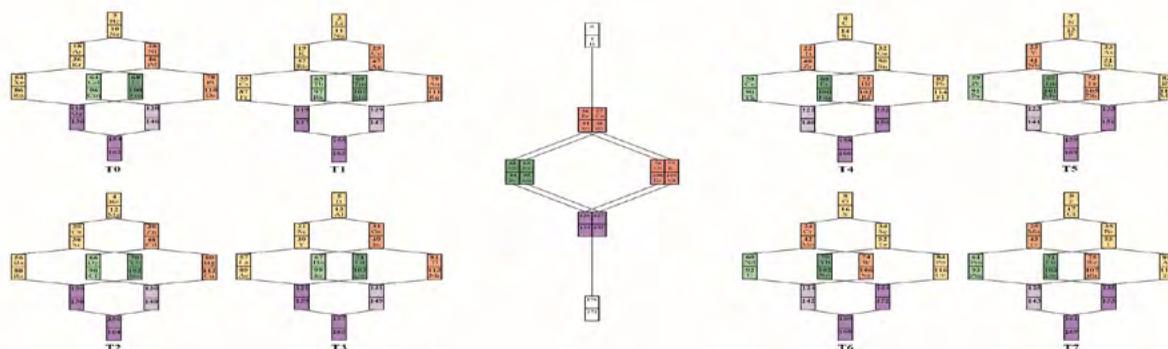


Figura 2. Los nueve árboles de periodicidad (Zambon, 2018)

individualmente, sino dentro de un conjunto de tríadas anidadas al que se denomina "árbol de periodicidad" (sistemas simétricos de elementos interrelacionados por medio de las tríadas, que pertenecen a diferentes generaciones). Estas estructuras, son las que conforman a relación fundamental en la arquitectura de la tabla, por eso cada tríada es concebida como una parte de un árbol, de tal manera que se vuelve significativa sólo dentro de ese conjunto de relaciones, y no como una entidad individual. Hay dos tipos de árboles de periodicidad: 8 árboles de similar simetría de 20 elementos y un árbol de 20 elementos que se forma a partir de los elementos no incluidos en los arboles anteriores que se llama "árbol central", en la figura 2 se muestran los nueve árboles de periodicidad.

Los 8 árboles simétricos incluyen a todos los elementos que inician o finalizan periodos en la TPE, también contienen como primer elemento a todos los que inician grupos representativos o grupos de la serie A (menos el hidrógeno). Todos los elementos están relacionados mediante una sucesión de tríadas concatenadas (para detalles véase Zambon, 2018).

La conjugación de los nueve árboles de periodicidad (figura 3), permite construir una tabla periódica sin recurrir a las configuraciones electrónicas ni a los números cuánticos y también refleja todas las relaciones entre elementos contenidas en los grupos de la TPE, además de otras relaciones químicamente significativas como la conexión entre los grupos A y B. En la figura 2 es posible observar que en los primeros 4 árboles, la rama izquierda corresponde a los elementos de los correspondientes grupos representativos (A) de la PTE, y los de la derecha, a

los que forman los grupos B (salvo el árbol 3). En los 4 últimos la rama derecha reconstruye los correspondientes grupos A, mientras que los de los grupos B se forman en la rama derecha interna. En el árbol central se encuentran los elementos que forman la primera y segunda columna del grupo VIII B, los elementos iniciales (0 y H) y los finales (para detalles véase Zambon, 2018).

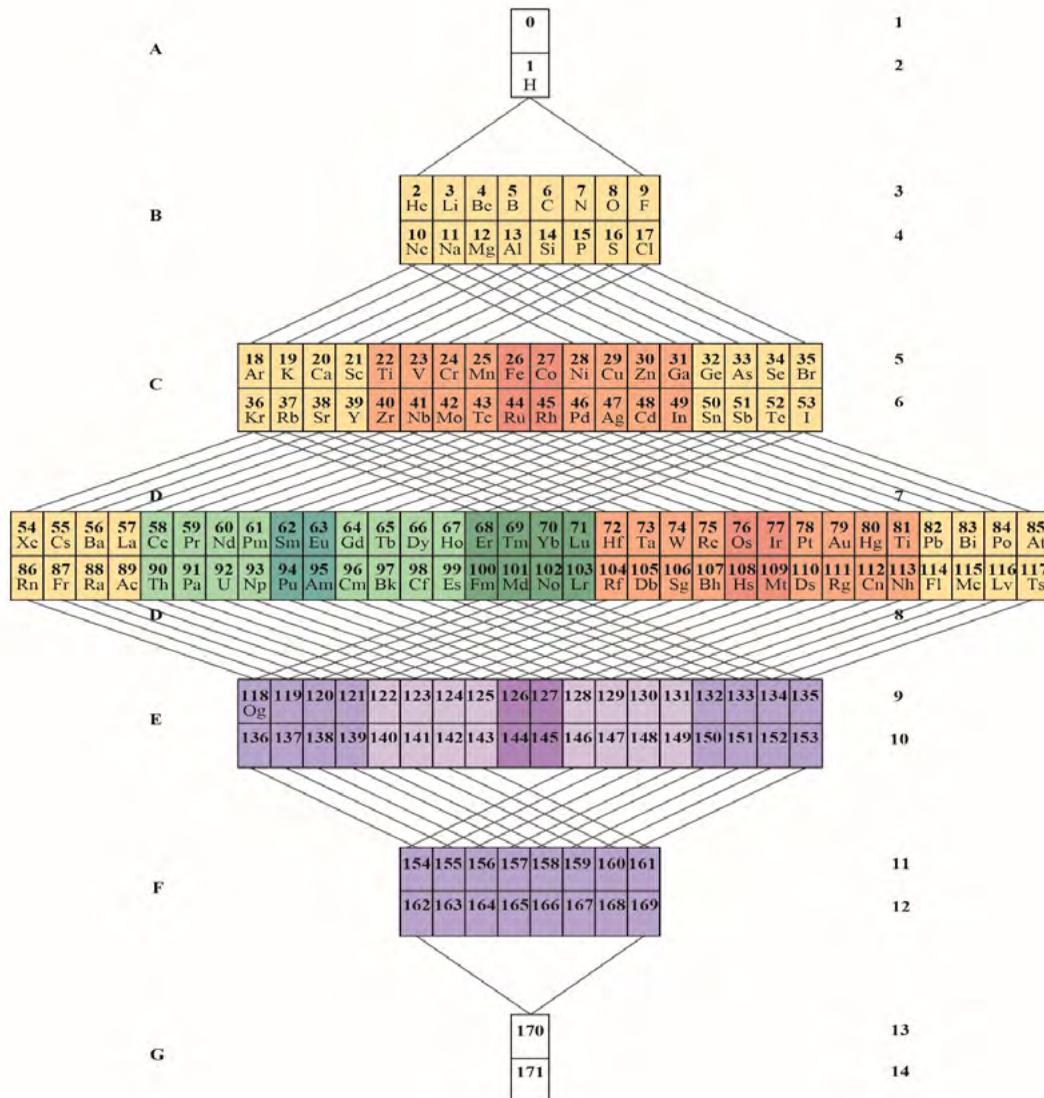


Figura 3. Tabla periódica basada en tríadas (Zambon, 2018)

LOS ELEMENTOS DEL BLOQUE D Y LOS ARBOLES DE PERIODICIDAD

La TPE, suele dividirse en bloques, en función de la clase de orbitales que se van completando al avanzar el número atómico, según la configuración electrónica del átomo neutro del elemento, de esa manera tenemos el bloque s para las 2 primeras columnas, el bloque d, para las 10 siguientes, el bloque p para las 8 restantes y el f para los elementos de transición interna, que generalmente se ubican separados debajo (figura 4). Los elementos del bloque d de los periodos cuarto, quinto y sexto de la TPE se encuentran en la naturaleza (salvo el Tc) y los del séptimo periodo son artificiales (salvo el Ac, véase más adelante).

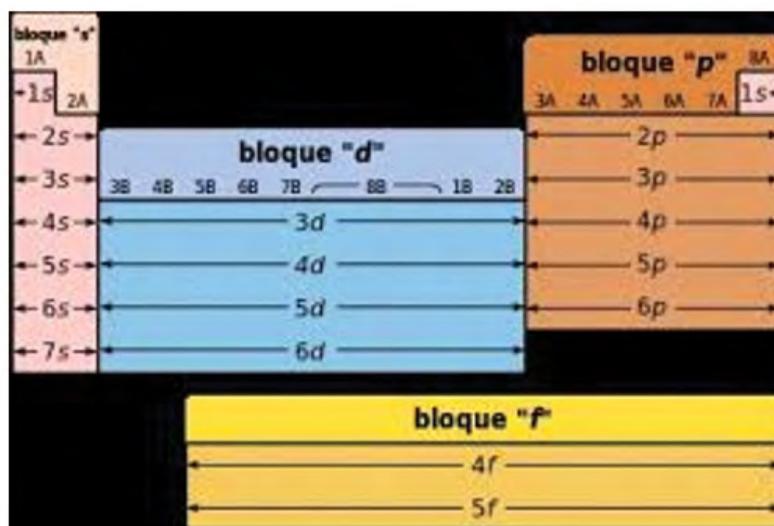


Figura 4. Bloques en la tabla periódica estándar

Todos los elementos que forman parte de este bloque son metales. En general tienen volúmenes atómicos pequeños (con la excepción del mercurio que es líquido a temperatura ordinaria), y presentan conductividades térmica y magnética elevadas. En cuanto a sus propiedades químicas, los elementos de este bloque tienen una electronegatividad relativamente baja (entre 1,10 y 2,54). Suelen formar cationes estables, y en general presentan varios estados de oxidación estables. En los estados de oxidación más bajos suelen formar compuestos iónicos, que muchas veces forman sólidos cristalinos, en los estados de oxidación más altos, suelen formar compuestos covalentes estables (Valenzuela Calahorro, 1999).

Actualmente, los 2 grupos extremos de bloque d presentan discusiones relevantes. En el caso del grupo 3, la controversia está relacionada con los elementos que deben integrar el grupo. En particular, el desacuerdo se refiere a qué elementos deben colocarse debajo de Sc e Y: algunas tablas colocan el par La y Ac, y otras el par Lu y Lr. (Lavelle, 2008, Scerri, 2009). En el caso del grupo 12 o 2B, pueden considerarse metales de transición (Wilberg, 2001) o representativos (Cotton y Wilkinson,

1988). Observa Jensen que muchos textos de química general y algunos introductorios de química inorgánica, son ambiguos en el tratamiento de estos elementos, considerándolos a menudo como de transición en una parte del texto, y como representativos en otro (Jensen, 2003).

En la tabla de la figura 5, podemos ver los elementos del bloque d, y la columna anterior del bloque s (grupo 2, 2 A o alcalinos-térreos) y posterior (grupo 13, 3 A o del boro) de la TPE. Resulta interesante observar que si trasladamos los 2 primeros elementos del grupo 2 (B y Mg) al 12, se mantiene el criterio primario del número atómico creciente, y el movimiento tendría sentido desde el punto de vista químico.

4 Be											5 B
12 Mg											13 Al
20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga
38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42M °	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In
56 Ba	La- Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl
87 Ra	Ac- Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh

Figura 5. Elementos del bloque d y grupos contiguos

También, si trasladamos los 2 primeros elementos del grupo 13 o 3 A (B y Al) al 3 ocurría lo mismo. Estos movimientos, como dijimos, tendrían sentido químico, ya que implican combinar elementos de las series A y B de un mismo grupo, y existen múltiples analogías en cuanto a la reactividad de los elementos involucrados, pero desde el punto de vista físico, no serían traslaciones adecuadas, ya que las configuraciones electrónicas del último nivel no son coincidentes.

En los 2 grupos extremos del bloque d, los árboles de periodicidad del SPT, que combinan naturalmente elementos de las series A y B de cada grupo, pueden resultar un aporte en el contexto de la enseñanza de la química. Puntualmente, el árbol 2 (figura 6) muestra a los elementos del grupo 2 A (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra en la rama principal, mientras que el Zn, Cd, Hg y Cn en la rama complementaria. En tanto el árbol 3 (figura

7) presenta combinados los elementos de las series A y B, contiene el B, Al, Sc, Y, La y Ac en la rama principal, Ga, In, Tl y Nh en la complementaria. El TBT muestra que, en cierto sentido ambos pares están "debajo" de Sc e Y. Esto es particularmente evidente en el árbol 3: Sc e Y forman una tríada con La; pero, por otro lado, Y forma una tríada con Lu y Lr (figura 7). De esta manera, la estructura de los árboles que conducen a tríadas interconectadas permite concluir que existen buenas razones para las dos soluciones, aunque ambas son manifestaciones parciales de una relación más compleja.

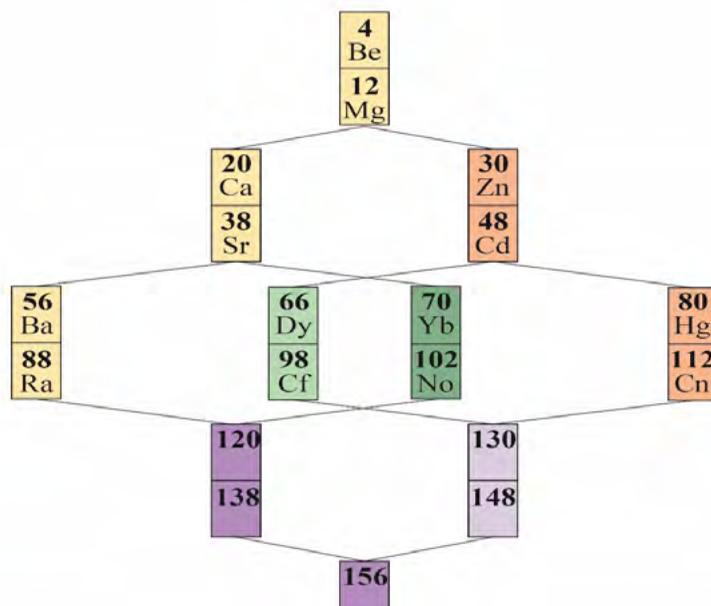


Figura 6. *Árbol de periodicidad 2*

Si bien el criterio secundario del SPT es totalmente diferente al empleado en la TPE, ya que como se vio en la sección 3, prescinde de las configuraciones electrónicas y de toda consideración cuántica, es posible encontrar una analogía entre ramas principales de los árboles, con los elementos representativos de los grupos. Poniendo de esta manera, en relevancia el conocimiento químico en el estudio de los elementos, por sobre una perspectiva física actualmente predominante

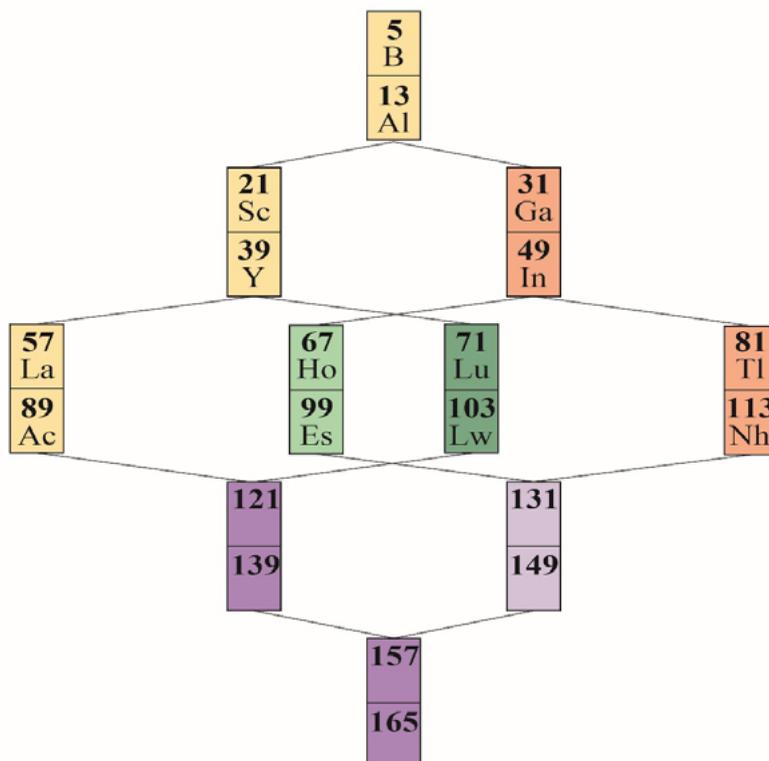


Figura 7. *Árbol de periodicidad 3 (T3)*

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

La presentación del sistema periódico en los cursos introductorios de química generalmente está ubicada a continuación de la enseñanza de la estructura atómica, y las relaciones de periodicidad entre los elementos se basan en la combinación de los números cuánticos correspondientes. Esta forma de enseñanza omite, o limita a un lugar secundario, la perspectiva química sobre los elementos. El SPT, está concebido desde una perspectiva química, puede ser una opción plausible para integrar no solo al estudio del sistema periódico, sino también otros conceptos derivados. En este trabajo, mostramos puntualmente su aplicación para la enseñanza de los problemas inherentes al bloque d de la TPE.

Esta perspectiva ofrece un enfoque muy diferente al del punto de vista físico predominante en la actualidad basado en la mecánica cuántica, claro está, la perspectiva cuántica es importante en los cursos superiores, y claramente debe estudiarse en los primeros cursos para poder abordar esos desafíos. Sin embargo, basar la enseñanza exclusivamente en ella deja de lado la visión química de los elementos, y esto causa

grandes dificultades en la comprensión de muchos temas químicos. De esta manera, la perspectiva de la química clásica resulta ser meramente anecdótica, lo que es paradójico, especialmente cuando el objetivo es precisamente formar profesionales en química. De hecho, la forma actual de enseñar la clasificación de los elementos no solo está desconectada del desarrollo histórico del sistema periódico, sino que también está desconectada de una gran parte de la práctica de la química.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bensaude-Vincent, B. (1989). Mendeleiev: historia de un descubrimiento. En M. Serres (ed.). *Historia de las Ciencias*, Madrid: Ediciones Cátedra.
- Bent, H. (2006). *New Ideas in Chemistry from Fresh Energy for the Periodic Law*, Bloomington: Author House.
- Borges, J. L. (2005). *Obras completas*, Buenos Aires: Emecé.
- Cotton, F. y Wilkinson, G. (1988). *Advanced Inorganic Chemistry*. Nueva York: Wiley-Interscience.
- Earley, J. (2009). How chemistry shifts horizons: element, substance, and the essential. *Foundations of Chemistry*, 11, 65-77.
- Hendry, R. (2006). Substantial confusion. *Studies in History and Philosophy of Science*, 37 (2), 322-336.
- Jensen W. (2003). The place of Zinc, Cadmium, and Mercury in the Periodic Table. *Journal of Chemical Education*, 80 (8), 952-961.
- Lavelle, L. (2008). Lanthanum (La) and actinium (Ac) should remain in the d-block. *Journal of Chemical Education*, 85 (11), 1482-1483.
- Paneth, F. A. (1931). The epistemological status of the concept of element, [reimpreso en *Foundations of Chemistry*, 5, 113-145 (2003)].
- Ruthenberg, K. (2009). Paneth, Kant and the philosophy of chemistry. *Foundations of Chemistry*, 11 (2), 79-91.
- Scerri, E. (2005). Some aspects of the metaphysics of chemistry and the nature of the elements. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, 11 (2), 127-145.
- Scerri, E. (2007). *The Periodic Table – Its Story and Its Significance*, Nueva York: Oxford University Press.
- Scerri, E. (2008). The role of triads in the evolution of the periodic table: past and present. *Journal of Chemical Education*, 85 (4), 585-589.
- Scerri, E. (2009). Which elements belong in group 3? *Journal of Chemical Education*, 86 (10), 1188.
- Scerri, E. (2010). Explaining the periodic table, and the role of chemical

- triads. *Foundations of Chemistry*, 12 (1), 69-83.
- Scerri, E. (2012). What is an element? What is the periodic table? And what does quantum mechanics contribute to the question? *Foundations of Chemistry*, 14 (1). 69-81.
- Schwarz, E. (2007). Recommended questions on the roads towards a scientific explanation of the periodic system of the chemical elements with the help of the concepts of quantum physics. *Foundations of Chemistry*, 9 (2), 139-188.
- Soddy, F. (1913). Intra-atomic charge. *Nature*, 92, 399-400.
- Velenzuela Calahorro, C. (1999). *Introducción a la Química Inorgánica*. Madrid: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Van Spronsen, J. W. (1969). *The Periodic System of Chemical Elements - A History of the First Hundred Years*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
- Weisberg, M., Needham, P. y Hendry, R. (2011). Philosophy of chemistry. En E. N. Zalta (ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Stanford: Stanford University, Recuperado de: <http://plato.stanford.edu/archives/win2011/entries/chemistry>
- Wiberg, N. (2001). *Inorganic Chemistry*. Berlín: Academic Press.
- Zambon, A. (2018). A Representation of the Periodic System based on atomic-number triads. *Foundations of Chemistry*, 20 (1), 51-74.

INSPIRADOS POR LA TABLA PERIÓDICA

María Gabriela Lorenzo

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: glorenzoffyb@gmail.com

Resumen. Este trabajo es en realidad una compilación de siete textos que decidimos escribir tomando como inspiración una serie de artículos publicados por una revista europea de química con motivo de la celebración del Año Internacional de la Tabla Periódica. A partir de los elementos de la tabla seleccionados por algunos de los miembros del equipo editorial de dicha revista, revisamos y comentamos algunos aspectos acerca de los siguientes: hidrógeno, carbono, azufre, cobre, plata, oro y mercurio.

Palabras clave: Tabla periódica. Elementos químicos. Metales. No metales.

Inspired by the periodic table

Abstract. This work is actually a compilation of seven texts. We decided to write them taking into account a set of publications in a European chemistry journal due to the celebration of the International Year of the Periodic Table. From the elements selected by some Editorial Board members, we check and comment several aspects about the followings: Carbon, Mercury, Sulfur, Hydrogen, Silver, Gold and Copper.

Key words: Periodic table. Chemical Elements. Metals. No metals

Alrededor de todo el planeta, se han realizado diferentes actividades para celebrar el Año Internacional de la Tabla Periódica con el auspicio de UNESCO. Muchas instituciones, decoraron sus edificios como por ejemplo la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (Figura 1a) o construyeron ingeniosas tablas periódicas, en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba (Figura 1b). Por su parte, España homenajeó a la Química, con creativos sellos postales (Figura 2a).

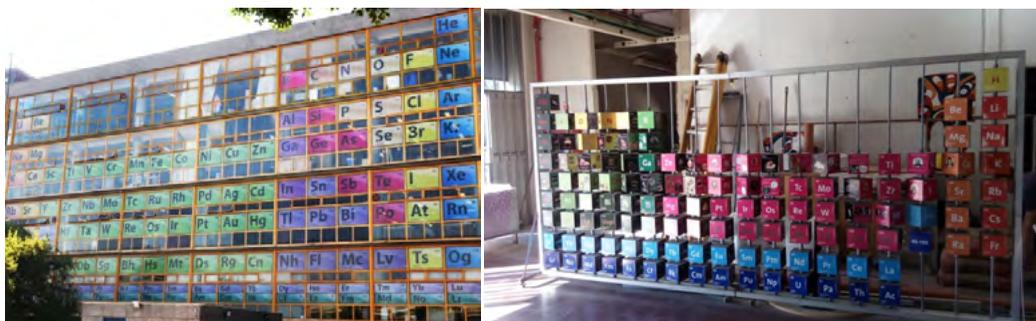


Figura 1. a) Facultad de Química. UNAM. México. b) Facultad de Ciencias Químicas. UNC. Argentina.

En tierras *mendeleianas*, no perdieron la ocasión de celebrar el magno acontecimiento bajo la denominación "Mendeleev 150: 4^o Conferencia Internacional sobre la Tabla Periódica auspiciada por la IUPAC" (Figura 2b) en la mismísima San Petersburgo del 26 al 28 de julio de 2019. El objetivo del evento fue reconocer la importancia de la química y de sus avances sobre la tabla periódica de los elementos para el desarrollo sustentable y el beneficio de la humanidad, poniendo un énfasis particular sobre la educación científica para todos las y los jóvenes.



Figura 2. a) Sellos postales, España. b) Logo de la Conferencia celebrada en Rusia.

La revista europea *Química*, de los reconocidos editores Wiley, fueron publicando entre 2018 y 2019 una serie de artículos cortos especialmente dedicados a la Tabla Periódica y escritos por diferentes miembros de su Comité Editorial, que denominaron "En mi elemento" ([https:// onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)1521-3765.InMyElement](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)1521-3765.InMyElement)).

De todos los textos, cada uno de nosotros reelaboró aquellos con los que nos sentimos más identificados. A continuación, compartimos nuestra propia selección de elementos químicos.

INSPIRADOS POR LA TABLA... EL CARBONO

María Gabriela Lorenzo

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: glorenzo@ffyb.uba.ar

Yo elegí al elemento Carbono. Lo conocí hace mucho, allá cuando cursaba el quinto año de la secundaria y me enamoré perdidamente de él. Me sorprendía enormemente su capacidad creadora, ese poder combinarse con otros átomos de manera tan versátil que puede dar origen a una infinidad de compuestos nuevos. Y desde ese entonces, me puse del lado de la Química Orgánica, que en cantidad de sustancias posibles había superado ampliamente a la Química Inorgánica.

Parece que tengo que compartir este amor por el Carbono con al menos otros cinco químicos François Diederich, Karl Jørgensen, Joel S. Miller, Matthias Bickelhaupt y Nikos Tagmatarchis.

François Diederich (2019) confiesa que su amor por el carbono y los compuestos ricos en carbono comenzó durante la disertación de su tesis doctoral, cuando sintetizó el kekuleno ($C_{48}H_{24}$) (Figura 1) una estructura circular de anillos fusionados de benceno [nos parece un nombre de lo más apropiado para un compuesto orgánica].

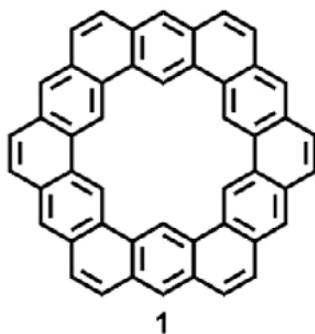


Figura 1. Estructura del kekuleno

En la subsiguiente investigación independiente con su grupo de trabajo, a través del programa de fullerenos, persiguió la síntesis de moléculas alotrópicas de carbono y desarrolló ciclos carbonados acetilénicos de C18. Así logró el primer fullereno quiral convirtiendo a la química supra-molecular de fullerenos en otro importante tópico.

Para el Prof. Karl Jørgensen (2019) una de las aventuras más fascinantes tiene lugar cuando el dióxido de carbono se incorpora al mundo viviente, penetrando en las hojas verdes de las plantas y en un proceso único, se combina con los fotones de la luz solar y agua para dar lugar a un conjunto de reacciones catalizadas enzimáticamente para transformarse en moléculas orgánicas complejas fundamentales para la vida.

Luego, estos compuestos carbonados son convertidos en otras moléculas sofisticadas gracias a las enzimas de los sistemas vivientes. Y finalmente, su más destacada propiedad consiste en su participación en el proceso de fecundación entre óvulo y espermatozoides para generar una nueva vida. Sin embargo, sus propiedades asombrosas son por tiempo limitado y en un momento regresan, para reiniciar el ciclo como dióxido de carbono. Y mientras tanto, los químicos orgánicos pueden considerarse privilegiados porque pueden acompañar al carbono en su aventura para tratar de elucidar sus secretos.

Por su parte, Joel Miller (2019) sigue prefiriendo al carbono, a pesar de haber estado involucrado a lo largo de los años con ochenta y un elementos no radioactivos naturales, cinco radioactivos y dos, fabricados por el hombre.

El carbono encarna el aliento y la belleza de la química ya que resalta la importancia de la estructura y la configuración electrónica en las propiedades físicas y químicas. Esto es así porque el C tiene alótropos que van desde la sustancia más dura y aislante eléctrico, el incoloro diamante, hasta el más blando pero importante conductor eléctrico y lubricante, el negro grafito pasando por el carbono amorfo y vidrioso conocido desde tiempos inmemoriales.

Las formas elementales son menos comunes pero demuestran su versatilidad y agregan a la paleta de propiedades que incluyen al C_2 , como la fuente del matiz azul en la llama de los hidrocarburos, al C_{60} , una forma icosaédrica púrpura que es también un lubricante a altas temperaturas y un prototipo de muchas *buckyballs* (moléculas esféricas de fullerenos y nanotubos) que han estimulado la imaginación de muchos químicos y hasta la de la última generación de físicos.

El grafeno, que no es más que una única capa de grafito, está siendo considerado como un material electrónico cada vez más importante. Y el elusivo alótropo carbino, al que se le atribuye ser el material más fuerte y resistente, ha sido reportado en el interior de las dobles paredes de los nanotubos de carbono.

Mi elección del carbono como mi elemento favorito tiene que ver también con su lugar en la tabla periódica. La tabla periódica muestra normalmente la forma de los elementos a la temperatura y presión estándar (25°C y 1 atm). Por lo tanto, el mercurio y el bromo figuran como

líquidos y otros once elementos como gases, en la mayoría de las tablas. [Note que muchas veces las tablas no son idénticas en todos los detalles]. De todos modos, las tablas periódicas tradicionalmente proporcionan un límite entre los no metales y los metales que son por lejos, la mayoría de los elementos. Este límite está constituido por aquellos elementos a los que se considera como metaloides, un término vago y arcaico para un elemento que posee propiedades intermedias entre los no metales y los metales.

Los metaloides universalmente aceptados son los siguientes: Boro, Silicio, Germanio, Arsénico, Antimonio, Teluro y Polonio (Figura 2a). Debido al uso inconsistente de la palabra "metaloides" en los diferentes idiomas, la IUPAC proclamó el abandono del uso de este término para ser reemplazado por "semimetal". En este contexto, sin embargo, no está definido y tampoco está exento de ambigüedades. Probablemente, el término "semimetal" haga referencia a un elemento con propiedades entre los metales (p. ej. alta conductividad eléctrica, ductilidad, brillo) y los no metales (p. ej. baja conductividad eléctrica, fragilidad y ausencia de brillo). Podríamos objetar el uso de los términos metaloides o semimetal (y hasta incluso el de semiconductores, dado que claramente B, Si y Ge lo son), pero claramente el C siempre aparece como no metal.

El grafito es el alótropo de carbono termodinámicamente estable a temperatura y presión estándar. Como grafito es semiconductor band gap nulo y se comporta como metaloides en su apariencia y sus propiedades eléctricas, entonces el C es un metaloides. Además, el diamante exhibe la más alta conductividad térmica, lo cual es una característica de los metales.

IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	VIII 18
					2 He 4.003
5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.183
13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.30
81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)

Figura 2. Fragmento de la Tabla Periódica de los elementos A) tradicional y B) la que se propone aquí. No metales son azules, los metales, amarillos y los metaloides o semimetales son verdes

Por lo tanto, en este año designado por las Naciones Unidas como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos, con

el debido respeto a Jonathan Swift (1667–1745), me gustaría humildemente hacer Una Modesta Proposición, esta es que es mucho más apropiado considerar al carbono como un metaloide en lugar de un no metal (Figura 2b). Esto es alimento para los pensamientos que permiten mantener viva a la tabla periódica y evolucionando en continuo desarrollo. No obstante, la región de los metaloides continúa llena de conflictos, ya que el diablo yace en los detalles y una definición clara e inequívoca sigue siendo esquiva.

El carbono, también es el elemento favorito del Prof. Mattias Bickelhaupt (2019), probablemente desde que asistía a la escuela primaria, cuando parece que había dicho que los químicos debían salvar el mundo a través del desarrollo de nuevos compuestos carbonados para lidiar con las problemáticas energéticas, las enfermedades y el cuidado del ambiente. Más adelante, su fascinación por el carbono creció a medida que fue conociendo sus propiedades y aplicaciones. Aunque el carbono no es exactamente uno de los elementos más abundantes ni en la tierra ni en el resto del universo, su importancia es inmensa para ambos. Y por supuesto, que las características del carbono son fundamentales para las actividades humanas desde los orígenes y su posibilidad de arder hasta las posibilidades académicas e industriales para crear materiales y compuestos química-mente sofisticados.

¡Pero todavía hay más! El carbono tiene propiedades únicas especialmente en su capacidad de establecer uniones químicas, se podría decir que es el “conector universal” en el mundo molecular. Su comportamiento sistemático le permite formar enlaces simples, dobles y triples dando origen a diferentes geometrías (tetrahédrico, trigonal y lineal). Y todavía quedan algunos comportamientos que resultan misteriosos, que se describen con algunas reglas semiempíricas. Por ejemplo, pueden encontrarse algunos carbonos hipervalentes en compuestos aromáticos e incluso en saturados o insaturados. Un comportamiento que ha sido recientemente comprendido es la fuerte resistencia del carbono a formar geometrías pentavalentes, a diferencia del silicio, a menos que se trate de estructuras lábiles como en el caso de los estados de transición de las reacciones S_N2 .

La experiencia como investigador en química del Prof. Nikos Tagmatarchis (2019) comenzó con sus estudios doctorales sobre el diseño y síntesis de catecolaminas con posible actividad como agentes dopaminérgicos y adrenérgicos en 1992. Luego, sus intereses cambiaron hacia los materiales nanoestructurales basados en carbono a partir del advenimiento de los fullerenos, los nanotubos y posteriormente el grafeno y materiales relacionados.

Sin lugar a dudas, el 15 elemento más abundante sobre la tierra y el cuarto en el universo es su elemento favorito, porque es capaz de formar

los compuestos que son la base de toda forma de vida conocida. Casi diez millones de compuestos químicos diferentes tienen carbono como elemento principal, algunos de ellos sintetizados por sus propias manos en su laboratorio en Atenas, Grecia, trabajando durante un cuarto de siglo. Su trabajo de síntesis incluyó nuevos compuestos orgánicos con actividad biológica, incorporación de nuevos grupos funcionales tanto en fullerenos como en nanotubos para aplicaciones vinculadas con la energía y otras nuevas características.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bickelhaupt, M. (2019). In my Element: Carbon. *Chemistry a European Journal*, 25, 19, <https://doi.org/10.1002/chem.201805431>
- Diederich, F. (2019). In my Element: Carbon. *Chemistry a European Journal*, 25, 3968, <https://doi.org/10.1002/chem.201803951>
- Jørgensen, K. (2019). In my Element: Love lies in Carbon. *Chemistry a European Journal*, 25, 4534, <https://doi.org/10.1002/chem.201804626>
- Miller, J. (2019). In my Element: Carbon. *Chemistry a European Journal*, 25, 1840, <https://doi.org/10.1002/chem.201803420>
- Tagmatarchis, N. (2019). In my Element: Carbon. *Chemistry a European Journal*, 25, 1117, <https://doi.org/10.1002/chem.201805446>

INSPIRADOS POR LA TABLA... EL HIDRÓGENO

Germán Hugo Sánchez

Universidad Nacional del Litoral (UNL), Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB), Departamento de Química General y Química Inorgánica

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: gsanchez@fbc.unl.edu.ar

EL ELEMENTO MADRE

¿Cuál es el átomo más simple que existe en la naturaleza? ¿Cuál es el más pequeño? ¿Cuál es el más abundante? ¿Cuál es el átomo responsable por la fuerza intermolecular más importante para la vida tal cual la conocemos? ¿Cuál es el más antiguo? ¿Cuál es el que combinándose con otro átomo del mismo tipo es considerado como el combustible del futuro? ¿Cuál es aquel cuyo nombre categoriza las más temibles armas creadas por el hombre?

Estas son algunas de las preguntas que pueden hacerse cuya respuesta es el hidrógeno. Es por ello que he elegido este elemento para realizar este breve escrito. Para comenzar, comparto lo dicho por el Prof. Dupont sobre el elemento y es que: "¿quién no quiere a su mamá?" (Dupont, 2019). En el mencionado artículo, se nos hace reflexionar sobre la idea que el hidrógeno (y toda la materia existente) fue formado poco después del *big bang*. Es que actualmente, entendemos que luego de la gran explosión, un denso mar de protones fue formado, uniéndose con neutrones, dando como resultado a lo que hoy llamaríamos los primeros átomos de hidrógeno y deuterio. Es decir, los átomos de hidrógeno que conforman las moléculas de agua que bebemos o aquellos que se encuentran unidos a la estructura carbonada de nuestras moléculas orgánicas, provienen, luego de una larga, larga historia, del origen mismo del universo.

El hidrógeno forma compuestos con casi todos los átomos de la tabla periódica y su química es muy variada, pudiendo encontrarlo formando diferentes tipos de enlaces. Si se encuentra unido a otro átomo de hidrógeno, conforma el hidrógeno elemental, gas altamente inflamable que puede ser producido por la mezcla de ácidos con metales como fuera descrito a lo largo de la historia por diferentes y muy conocidos científicos, entre los que podemos mencionar a Paracelso, Boyle, Cavendish y Lavoisier, entre otros.

Quienes hemos transitado nuestra formación académica en laboratorios

de química inorgánica, es posible que recordemos una experiencia de obtención de gases (uno suele recordar aquellas en donde se obtienen pequeñas explosiones, al menos así verificamos la producción del hidrógeno molecular por estos lares). Fue Henry Cavendish quien en 1766 publicó la obtención de un "aire inflamable" a partir de la mezcla de metales (como el cinc) y ácidos tales como el clorhídrico (Cavendish, 1766), trabajo que le hizo merecedor de la medalla Copley de la Sociedad Real de Londres (Figura 1). Es inspirador pensar que las experiencias de laboratorio con la que hemos aprendido (y hoy enseñamos) sobre gases y reacciones químicas, son las mismas que describieron por primera vez esos grandes científicos.

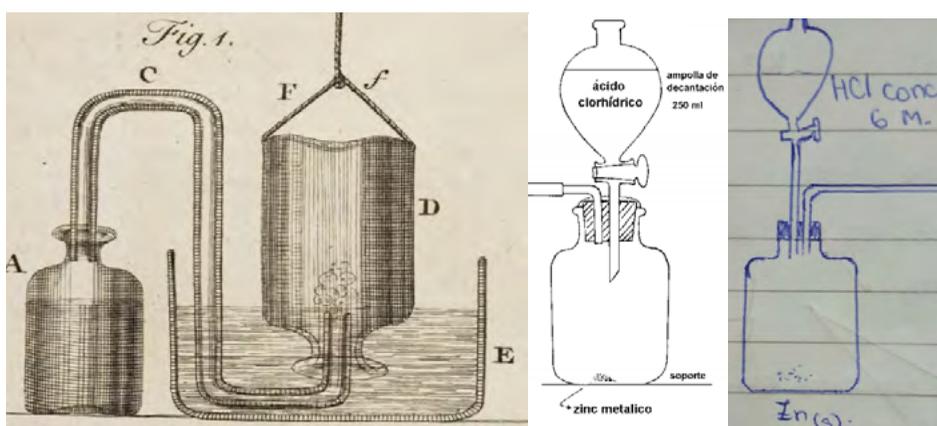
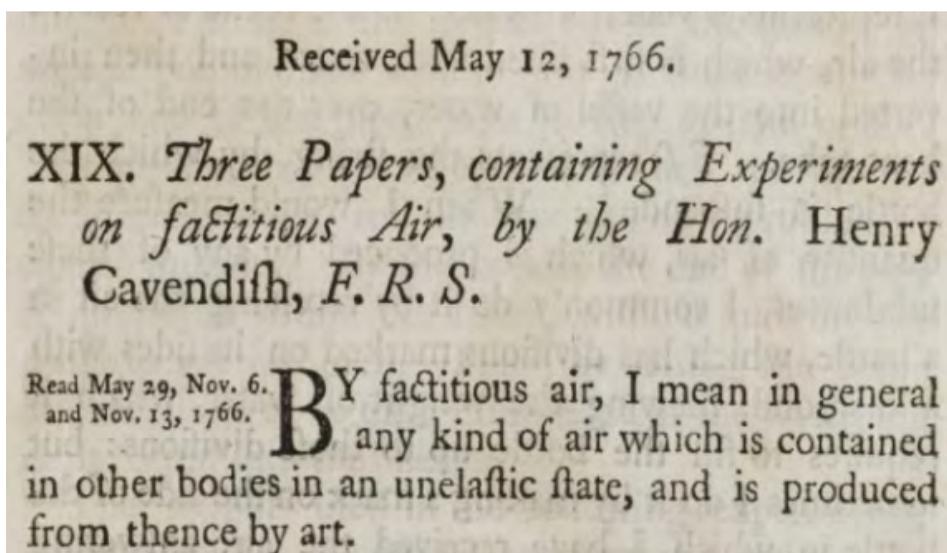


Figura 1: Arriba, trabajo original de Henry Cavendish donde se presentan sus experiencias con el entonces denominado "aire inflamable" que hoy conocemos como hidrógeno. Abajo, de izquierda a derecha, representación de la experiencia de Cavendish (1766), imagen de la misma experiencia en una guía de trabajos prácticos de universidad (2010), esquema de la experiencia en un examen universitario (2019).

LA ENERGÍA DEL FUTURO... ¿O DEL PRESENTE?

Hace un tiempo, realizando una visita por el campus de la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP) una de las más importantes de Brasil (y de Latinoamérica), me vi sorprendido por un edificio de considerable tamaño. No era una facultad más u otro instituto de investigación cualquiera, era el Laboratorio de Hidrógeno, donde se desarrollaban líneas de investigación sobre la que quizás sea la energía del futuro, la proveniente de la combustión del hidrógeno... Su combustión da como producto agua (de allí su nombre), por lo que su utilización no abonaría en la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera.

Esa posible fuente de energía limpia, podría producirse a través de la hidrólisis del agua marina con la ayuda de energía solar, para luego ser utilizada como combustible en reemplazo de derivados del petróleo como el gasoil o la nafta. En este sentido, en Japón, donde ya existe un mercado de motores a base de hidrógeno, se impulsará la visibilización de uso a través de una flota de colectivos que transporten a los visitantes de los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 (Figura 2).



Figura 2: Colectivo que utiliza como combustible al hidrógeno, presentado en Japón en 2017.

Ahora bien, el hidrógeno se viene utilizando en la industria del transporte desde hace más de un siglo. Desde 1900 y durante más de treinta años, se utilizaba para rellenar los globos aerostáticos, en los entonces conocidos como Zepelines (Figura 3).

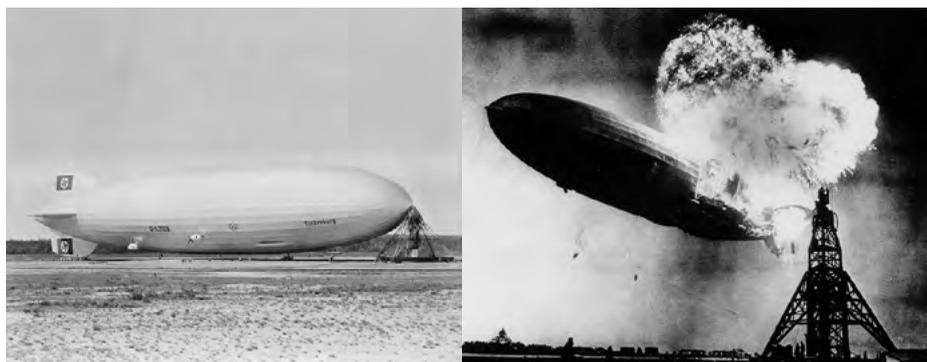


Figura 3: Se muestran dos imágenes del dirigible Hindenburg, a la izquierda una de 1936 y a la derecha el momento en que se estrella con una torre de control y su incendio en 1937.

EL HIDRÓGENO ESTABLECIENDO PUENTES

El Prof. Hobza elige al hidrógeno por otras razones, por su capacidad de unión con otros elementos, ¡y qué capacidad de unión! Ya que lo podemos encontrar unido con casi todos los conocidos al momento. En particular, lo que llama la atención al Prof. Hobza es un particular tipo de unión: el puente de hidrógeno. Los átomos de hidrógeno unidos por enlace covalente con un átomo electronegativo (C, N, F, O...) resulta en una deslocalización de la nube electrónica hacia el otro átomo, creando una carga parcial positiva sobre el hidrógeno. El puente de hidrógeno es la interacción intermolecular más fuerte y es la que estabiliza las moléculas de agua, dándole propiedades únicas, diferentes al resto de hidruros no metálicos del mismo grupo, permitiendo la vida tal cual la conocemos. A su vez, juega un rol decisivo en las macromoléculas orgánicas como el ADN o las proteínas (Hobza, 2019).

EDUCACIÓN DE LA QUÍMICA: EL HIDRÓGENO

Todo lo que hemos comprendido hasta el momento sobre la química del hidrógeno, no puede quedar circunscripto al pequeño círculo de químicos teóricos o inorgánicos. Dadas las potencialidades en su uso como combustible en el futuro cercano, es que cobra nuevamente importancia su enseñanza.

Al ser el átomo más simple de todos, suele ser utilizado en nuestras clases para ejemplificar el modelo atómico. Sin embargo, el estudio de sus características, su historia y las perspectivas asociadas a su uso, pueden capitalizarse para realizar una enseñanza de calidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los Proyectos de Investigación CAI+D 2016 UNL PI 50120150100040LI, ANPCYT-FONCYT PICT-2015-0044 (2016-2018), CONICET PIP N° 11220130100609CO (2014-2016).

REFERENCIAS DE LAS IMÁGENES

Figura 2 recuperada de <https://www.reuters.com/article/us-autos-hydrogen-toyota-olympics-fous/toyota-banks-on-olympic-halo-for-the-humble-bus-to-keep-hydrogen-dream-alive-idUSKBN1W22VK>

Figura 3 recuperada de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hindenburg_at_lakehurst.jpg ; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hindenburg_burning,_1937.jpg

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cavendish, Henry XIX. (1766). Three papers, containing experiments on factitious air. *Philosophical Transactions*, 56, <http://doi.org/10.1098/rstl.1766.0019>

Dupont, J. (2019). In my element: Hydrogen: The mother atom. *Chemistry a European Journal*, 25, 3404, <https://doi.org/10.1002/chem.201803971>

Hobza, P. (2019). In my element: Hydrogen. *Chemistry a European Journal*, 25, 1367-1368, <https://doi.org/10.1002/chem.201805476>

INSPIRADOS POR LA TABLA... EL AZUFRE

Fernando Capuya

Universidad de Buenos Aires, Ciclo Básico Común, Cátedra de Química.

E-mail: gabicapu@gmail.com

Al igual que el Prof. Dr Stefan Matile (2019) y el Prof. Dr. Tien Yau Luh (2019), me propuse comentar un poco acerca del azufre, elemento mencionado en la Biblia y por las antiguas civilizaciones. Si bien no está muy detallado en la historia quien lo describió por primera vez, se sabe que los egipcios lo usaban para purificar los templos. Homero en el siglo IX a.C. aconsejaba evitar su pestilencia y en el siglo XII era utilizado por los chinos como una mezcla explosiva entre nitrato de potasio, carbón y azufre.

En 1777, Antoine Lavoisier lo introdujo como un elemento químico y no un compuesto, pero a este grandioso elemento la historia no le hizo justicia, caracterizado por la evocación del mal, con la presencia de míticas criaturas provenientes del inframundo, simplemente por sus variadas gamas de olores que generaban el rechazo de las personas por los humeantes derivados que de él se desprendían y que llegaban a ser muy desagradables, desde olor a huevo podrido (ácido sulfhídrico), muy asociado a volcanes, hasta un olor penetrante e irritante como el del dióxido de azufre.

Así hasta aquí hicimos visible un poco el pasado de este elemento. Pero aún hay más. El azufre es una roca que arde y funde a los 115°C aproximadamente, apenas un poco por encima del punto de ebullición del agua, adquiriendo un color rojo profundo y maligno. Si se calienta más, se espesa hasta quedar en una extraña consistencia. Pero ¿por qué pasa esto?

El azufre, que cuando se lo aísla en estado puro se presenta como un sólido amarillo, se encuentra constituyendo moléculas con fórmula S_8 y forma de anillos arrugados. Al recibir energía, estos anillos se rompen y, con más energía, empiezan a enlazarse en cadenas más y más largas, lo que le da al azufre fundido una extraña plasticidad.

Pero el azufre también cumple funciones más importantes que la de asustar a las masas con referencias diabólicas, como la que le estamos asignando. Hay que empezar a limpiar su nombre. En mi vida, tanto personal como profesional me vi permeado por la existencia del azufre, desde que me decían- "pásate una barrita de azufre por la espalda para sacarte el aire", a utilizarlo para limpiar manchas y granitos de la piel y hasta encontrarlo en puentes disulfuro, presente en algunas proteínas.

Desde aquí, si lo pensamos desde su enseñanza, sus derivados suelen ser los más odiados a la hora de representar los enlaces que suceden, por ejemplo, en el ácido sulfúrico. ¿Quién no lo detestó al tener que representar esa estructura de Lewis?

Pero aun así, el Azufre no era capaz de despertar el amor entre sus pares, hasta que se lo empezó a conocer más, estudiar sus propiedades y sus derivados con mayor fervor. Hoy en día es un elemento indispensable para el desarrollo de la sociedad humana, por la versatilidad de compuestos y propiedades que tiene, por ejemplo lo siguiente.

Resulta que la disposición que tienen los átomos de azufre para enlazarse es muy útil. En nuestros cuerpos, el azufre ayuda a formar el pelo y las uñas, largas cadenas de proteínas llamadas queratina, que el azufre ayuda a mantener unidas. Cuando la gente se plancha el pelo los átomos de azufre se desenganchan temporalmente, lo que permite darle otra forma antes de que se vuelvan a acoplar y se fije nueva forma (esto explica por qué podemos pasar del rulo al lacio). Esa misma propiedad ha sido explotada en la industria, Charles Goodyear, en el siglo XIX, descubrió que si le añadía azufre al látex (una viscosa savia del árbol de caucho) se generaba un material más firme. A este proceso lo llamó "vulcanización", por el dios romano del fuego (y los volcanes), y todavía se usa para hacer caucho, material con el que se hace las llantas de los autos, también, puede servir para hacer que el asfalto sea más duradero y resistente a las grietas y juega un papel similar si se mezcla con concreto y los plásticos que se usan en los autos.

Sin embargo, en la actualidad su mayor uso es a partir de la generación de un compuesto conocido como ácido sulfúrico. Este ácido de uso frecuente es tan importante, que el volumen de su producción sirve como indicador de la actividad industrial.

Se usa, entre muchas otras cosas, para fabricar detergentes (los sulfatos de sodio son convenientemente solubles en agua tibia) y para ayudar en el proceso de convertir celulosa de madera en fibras de rayón y celofán (material usado en vestimentas). Pero en lo que más se usa es para disolver rocas. Las compañías mineras vierten ácido en los yacimientos para extraer minerales valiosos como cobre, níquel, vanadio y, sobre todo, fósforo. De esa manera, cerca de la mitad del azufre del mundo va a la producción de fertilizadores de fosfato que se usan para aumentar el rendimiento de los cultivos y alimentar al planeta.

Con todo esto dicho, y aunque no llego a mencionar la mayoría de las propiedades o formas que toma tan versátil elemento, el azufre es uno de los elementos a los que le debemos nuestra calidad de vida y es uno de los elementos necesarios para el desarrollo de la sociedad actual y merece mucho más reconocimiento que solo el de ser utilizado para referencias diabólicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Luh, T. -Y. (2019). In my element: Sulfur. *Chemistry a European Journal*, 25, 3699, <https://doi.org/10.1002/chem.201804115>

Matile, S. (2019). In my element: Sulfur. *Chemistry a European Journal*, 25, 6460, <https://doi.org/10.1002/chem.201901110>

INSPIRADOS POR LA TABLA... EL COBRE

Teresa Quintero

Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales

E-mail: tqintero@exa.unrc.edu.ar

Cuando pensé en cuál elemento de la tabla periódica elegir, vinieron a mí tres que pertenecen al mismo grupo: cobre, plata y oro. Comencé descartando la Plata (*argentum*) por su referencia obvia a la Argentina. La opción del oro representaba una opción de fuerte vínculo familiar relacionada a la profesión de joyero de mi padre. Se preguntarán entonces por qué elegí el cobre: fundamentalmente por mi actividad de docencia actual. Me desempeño como docente de Electromagnetismo para Químicos y uno de los elementos que más usamos en nuestros prácticos de laboratorio es el cobre. Recuerdo que, durante mis estudios de química, realicé varias prácticas que involucraban a este metal. Una de ellas, la realización de un bobinado para un pequeño generador eléctrico.

El uso del cobre por la humanidad se remonta a los orígenes de la civilización hace unos 10.000 años, cuando en algún lugar del mundo el ser humano dejó de depender de las herramientas de piedra y comenzó a usar un metal disponible en la naturaleza, manipulable, dúctil y con una resistencia hasta entonces desconocida. El cobre es un elemento que se encuentra naturalmente en la superficie de la tierra en su forma metálica. En la antigüedad, se encontraba principalmente en la Isla de Chipre, que le da su nombre, del latín *aes cyprium* (metal de Chipre), que se convirtió en la antigua Roma en *cuprum*, de donde surge su símbolo Cu.

Los primeros obreros del cobre descubrieron que este metal podía ser laminado con facilidad, para darle variedad de formas. Con los romanos se inició una expansión del uso del cobre y se esparció adonde sus legiones marcharon y conquistaron. La propiedad del cobre y de sus aleaciones, latón y bronce, para resistir a la corrosión hizo que no solo fueran usados para piezas decorativas, sino que cobró importancia su uso en elementos funcionales (figura 1).



Figura 1: Cobre en distintos formatos industriales

El Cobre se convirtió en imprescindible para el desarrollo industrial, cuando Michael Faraday lo utilizó, por su alta conductividad eléctrica, en sus experimentos que marcaron una época. El metal sigue siendo clave en la generación de energía y desde aquel momento la demanda del mismo ha crecido significativamente.

Chile es uno de los mayores productores de cobre en el mundo y este metal es su principal producto de exportación (figura 2). La producción chilena anual de cobre se sustenta en la extracción que se realiza en las distintas minas, entre ellas: Chuquicamata, El Teniente, El Salvador, Escondida y Collahuasi.



Figura 2: Plato artesanal de Cobre del norte de Chile

Un uso interesante del cobre chileno ha sido el realizado por la NASA, para la fabricación del proyectil que fue lanzado por la sonda denominada *Deep Impact*, que se estrelló contra el cometa *Tempel 1*; con el objetivo de estudiar de qué están hechos estos astros y, además, obtener nuevos datos sobre el origen del Sistema Solar. En la mina El Salvador se elaboraron las siete planchas de cobre (cátodos de alta pureza), de unos 350 kilos, con las que se construyó dicho proyectil. La realización del proyectil con este material respondía al hecho de no producir inter-

ferencias con las observaciones espectrales efectuadas desde el cráter del cometa.

Jean-François Nierengarten (2019), quien también tiene como favorito al cobre, expresa que su fascinación se remonta a cuando descubrió, a partir de la lectura de un artículo, el concepto de síntesis dirigida por cobre de moléculas entrelazadas. Le hechizaron las hermosas moléculas preparadas por el equipo de Jean-Pierre Sauvage y se dio cuenta de que los metales en general, y el cobre en particular, desempeñan un papel importante en la síntesis orgánica.

El primer experimento que Nierengarten realizó con cobre, fue la preparación del complejo $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})_4](\text{BF}_4)$ mediante una reacción de desproporción a partir de $\text{Cu}(\text{BF}_4)_2$ y cobre. Esta sal se utilizó para preparar el complejo CuI clave para la síntesis del catenano doblemente enclavado. Los complejos de CuI son termodinámicamente estables, pero también cinéticamente inestables, y el intercambio de ligandos siempre es posible. En palabras de Nierengarten, el cobre es un elemento "salvaje" que *no necesariamente hace lo que uno quiere* y siempre es un desafío diseñar adecuadamente los ligandos para dirigir el equilibrio termodinámico hacia el producto deseado. Para este químico, esta es una de las razones por las cuales le gusta tanto este elemento.

En 1996, Nierengarten comenzó un programa de investigación en química de fullereno para aplicaciones en ciencia de materiales y la preparación de dendrímeros ricos en fullereno. Aunque se centró principalmente en materiales a base de carbono, el cobre se introdujo en su investigación para preparar conjugados de donantes de fullereno y para ensamblarlos. Estudiaron las propiedades fotofísicas de estos compuestos, los complejos CuI. El equipo de investigación se interesó cada vez más en el campo de los complejos de CuI fosforescentes y mostraron el potencial de dichos compuestos para aplicaciones de emisión de luz. Obtuvieron complejos que presentaron una mejora de la estabilidad en solución, pero también en los dispositivos emisores de luz.

En este punto, comparto la fascinación por el cobre y sus complejos, ya que me devuelven a mis primeros intereses de la carrera, la fotofísica y fotoquímica de sistemas complejos. Al mismo tiempo, su comportamiento *salvaje* nos desafía a seguir investigando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Nierengarten, J. F. (2019). In my element: Cooper. *Chemistry a European Journal*, 25, 16, <https://doi.org/10.1002/chem.201805277>

INSPIRADOS POR LA TABLA... LA PLATA

María Belén Manfredi

Universidad Nacional del Litoral (UNL), Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB), Departamento de Química General y Química Inorgánica - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: mariabelenmanfredi@gmail.com

Si jugáramos por un rato a que los elementos de la tabla periódica representen camisetas de selecciones nacionales ¿cuál creen que sería nuestro elemento-camiseta? Yo no pude evitar pensar que este sería la plata (sí, me la imagino ya sin rayas con un gran Ag escrito en el centro de la espalda). Aunque, está claro que mi mente hizo en este juego la asociación más fácil. Porque la palabra Argentina procede del latín *Argentum* que significa plata. Nombre que además le fue puesto a nuestra República debido a las importantes minas de este metal, presentes en el antiguo Virreinato del Río de la Plata. Quizás entonces, por esta asociación casi inevitable entre el nombre de nuestro querido país y el de este elemento químico, Ag sea uno de mis elementos favoritos.

Pero no se trata solo de nombres. Mi elemento favorito resulta sumamente atractivo por el rol que ha ocupado a lo largo de la historia de la humanidad a partir de las múltiples funciones que adquirió; entre el momento de su descubrimiento, explotación e intercambio, con la aparición de las civilizaciones antiguas, hacia el año 3000 a.C., y el momento en que se completó el circuito del mercado mundial al quedar América y las islas del Pacífico incorporadas a él en el siglo XVI (Pastor, 2010). Funciones que, principalmente, se debían a dos cuestiones: monetaria y religiosa (figura 1).



Figura 1: A la izquierda: Estatuilla chimú en plata y malaquita, S.XIV-S.XV, Museo Metropolitano, Nueva York. A la derecha: estatuilla de oro y plata de Amun-Ra de la dinastía XXVI (S.VI a.C.)

Para Younan Xia (2019), la Ag es, también, un elemento formidable debido a su amplio espectro de propiedades y aplicaciones únicas en la actualidad. Aunque una medalla de plata no es tan valorada como una medalla de oro, la plata le gana fácilmente al oro en una serie de aplicaciones. La plata tiene las conductividades eléctrica y térmica más altas de todos los metales. Desde tiempos ancestrales, su capacidad antimicrobiana fue utilizada para purificar agua, conservar leche fresca y tratar heridas. Antes de que aparecieran las cámaras digitales, las películas fotográficas a base de plata eran elementos cotidianos. Este elemento es, además, un catalizador efectivo para las reacciones de oxidación ya que el oxígeno molecular se puede adsorber y disociar sobre su superficie, bajo condiciones ambientales. De hecho, es el único catalizador capaz de convertir etileno en óxido de etileno (en una escala de 20 millones de toneladas en 2009). Lo último, pero no menos importante, la abundancia de la plata en nuestro planeta es mucho más alta que la abundancia del oro (79 frente a 3.1 ppb) lo que hace que el precio de la plata sea siempre una pequeña fracción del precio del oro (\$17 vs. \$1299 por onza).

La plata es también el metal de la suerte de Younan Xia. Desde 2001, su grupo ha trabajado en el desarrollo de métodos para la síntesis coloidal de nanocristales de plata con formas controladas en un esfuerzo por adaptar las propiedades de resonancia de su plasmón de superficie. Comenzaron con la reacción del espejo plateado, en la cual un complejo de amoníaco y plata se mezcla con un compuesto de aldehído para una reducción inmediata y, por lo tanto, se forma un espejo brillante en la superficie del recipiente. Con la adición de un polímero estabilizador, pudieron usar la misma reacción para producir una suspensión estable de nanopartículas de plata. La suspensión mostró un color amarillo debido a que la resonancia del plasmón de superficie alcanzó su punto máximo a 400 nm.

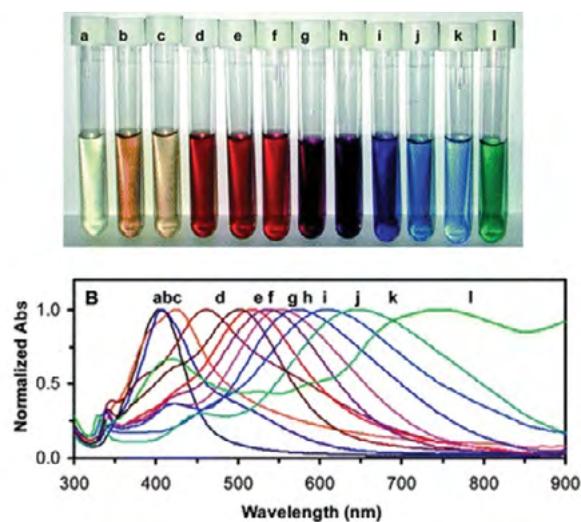


Figura 2: Arriba: Colores que toma una suspensión coloidal de nano partículas de plata de diversos tamaños <30nm y formas. Abajo: espectros de absorción correspondientes a las mismas soluciones

En un esfuerzo por controlar mejor la cinética de la reacción de reducción luego cambiaron la reducción de poliol, en la cual un poliol como el etilenglicol se oxida térmicamente a glicolaldehído. Como el reductor puede generarse in situ y luego consumirse para mantener una concentración relativamente estable en la solución donde ocurre la reacción, lograron sintetizar nanocristales de plata con formas y facetas controladas, incluidos cubos, octaedros, cuboctaedros, bipirámides, barras, varillas y alambres. Estos novedosos nanocristales han abierto un mundo de oportunidades para aplicaciones en áreas que van desde catálisis a materiales plasmónicos, fotónica y la espectroscopía Raman de superficie mejorada, así como la fabricación de pantallas táctiles, celdas solares, dispositivos electrónicos y metamateriales. Además, la tecnología de este grupo de investigadores en nanocables de plata ha sido comercializada por varias compañías para la producción de electrodos flexibles, transparentes y conductores.

Las nanopartículas de plata juegan un papel fundamental en la actualidad por su efecto bactericida, además, existen trabajos que demuestran su efecto antiviral sobre el virus HIV-1, así como sus numerosas aplicaciones en el campo de la biomedicina (Monje, 2009).

Ya para cerrar este breve homenaje a la plata, voy a tomarme unas líneas para hacer una pequeña reflexión, que más que afirmaciones, serán algunos interrogantes. Parecería evidente que lo medular del presente y el futuro de este elemento pasa por las nanopartículas. Lo que me pregunto entonces es: ¿Hacemos eco de esto en nuestras clases de química? ¿Nos ocupamos como docentes de que nuestros programas y nuestras clases tengan una clara vinculación con las cuestiones principales que preocupan y ocupan a la disciplina hoy? O, por el contrario, cuando nos toca enseñar este elemento, ¿seguimos preparando nuestras propuestas didácticas para trabajar el siempre "famoso espejo de plata"?

REFERENCIAS DE LAS IMÁGENES

Figura 1 extraída de: https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/la-plata-de-america_7696/8 y https://research.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?objectId=154939&partId=1

Figura 2 extraída de: <http://nuevatecnologiasymateriales.com/resonancia-del-plasmon-de-la-superficie-rps-propiedades-optoelectronicas/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Monje, M. (2009). Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en diso-

lución y propiedades bactericidas. *Anales de La Real Sociedad Española de Química*, 105 (1), 33-41.

Pastor, M. (2010). Vera Valdés Lakowsky, La plata en la historia. Del albo brillo a la pureza y perfección. *Nueva Antropología*, 23 (72), 157-161.

Xia, Y. (2019). In My Element: Silver. *Chemistry a European Journal*, 25 (17), 4244, <https://doi.org/10.1002/chem.201805675>

INSPIRADOS POR LA TABLA... EL ORO

Marcela Susana Altamirano

Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales

E-mail: maltamirano@exa.unrc.edu.ar

Desde la prehistoria el hombre ha sido cautivado por el oro. Su símbolo químico, Au, proviene de su nombre en latín *aurum*, que significa "amanecer brillante", ya que refleja la luz de manera eficiente, adquiriendo un brillo de color "dorado". Probablemente por su color, brillo, suavidad y ductilidad, fue que comenzaron a usarlo para adornarse ya que se han encontrado adornos personales, (anillo, aros, collares, brazaletes, pectorales, etc.) en los descubrimientos arqueológicos de casi todas las civilizaciones antiguas (figura 1).



Figura 1: Adornos de oro usados por pueblos originarios de Colombia. Museo del Oro (Cartagena de Indias – Colombia)

El pueblo sumerio, contaba con una joyería de oro muy avanzada creando, con técnicas similares a las modernas, unas piezas de joyería de increíble perfección y belleza. En el año 2.500 a.C., el antiguo Egipto gozó de una época de esplendor económico, técnico y cultural gracias a sus abundantes depósitos de oro. Cuando sus reservas bajaban, los egipcios atacaban a sus vecinos los nubios para robar sus tesoros. Para este pueblo el oro era la misma carne del dios Ra, dios del sol y rey de dioses. La civilización egipcia se destacó especialmente por la elaboración de máscaras funerarias, destacando de forma especial la del faraón Tutankamón.

En la Biblia cristiana son varios los pasajes que hacen mención a este metal. Especial atención merece el relato de la adoración del pueblo errante, en ausencia de Moisés y con Aarón al frente, rezando a un bece-

rro de oro. Marco Polo aseguraba haber visto en Cipango (Japón) casas con tejados cubiertos de oro, pero en casi todas las civilizaciones antiguas se menciona un lugar, casi siempre desconocido, de abundancia en oro. El río aurífero más famoso de la antigüedad fue el Pactol en Frigia, de donde era rey Midas, el que convertía en oro todo lo que tocaba.

España, después del descubrimiento de América en 1492 mandó a sus conquistadores a través del nuevo mundo en busca de oro con que llenar sus arcas y poder pagar a su ejército empeñado en grandes campañas por Europa. Aquí nació la leyenda y la verdad de «El Dorado» y la primera «fiebre del oro».

En 1557, un minero alemán que trabajaba en las minas españolas de mercurio de Almadén, descubrió accidentalmente la amalgamación, procedimiento para extraer oro o plata de minerales con poco contenido en esos metales preciosos, simplemente pulverizando la roca y mediante mercurio. En 1848, James Marshal encontró oro en río Sacramento descubierto por los españoles, desencadenando la famosa «fiebre del oro» de San Francisco.

En la actualidad, el ser humano sigue cautivado por el oro, al igual que lo expresa Luis M. Liz-Marzán (2019) por su brillo y color, pero no solo el superficial, con el desarrollo de la tecnología, ahora podemos observar al oro nanoestructurado, es decir, pequeñas piezas de metal, millonésimas de milímetros de tamaño, que pueden mostrar un arco iris lleno de colores simplemente variando sus tamaños y/o formas.

Los colores especiales del oro finamente dividido ya eran conocidos por los romanos, quienes en el siglo IV pudieron fabricarlo en forma de vidrio. Un ejemplo famoso es la copa Lycurgus, que se exhibe en el museo británico (Londres), donde se coloca frente a una lámpara que se enciende y apaga de manera intermitente, lo que produce una variación de color entre rojo y verde.

Una capacidad óptica de ajuste tan amplia no solo es visualmente atractiva sino también puede ser extremadamente útil en aplicaciones como el recubrimiento óptico, el almacenamiento de información, el diagnóstico temprano e incluso nuevas herramientas terapéuticas. Si reducimos aún más las dimensiones de tales piezas de oro, alcanzando los límites de los grupos de pocos átomos, inuevamente encontramos una respuesta diferente a la luz, el oro se vuelve fluorescente! Me encanta el oro porque seguimos encontrando nuevas propiedades y fenómenos, así como aprendimos a hacer y procesar pequeños cristales con precisión atómica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Liz-Marzán, L. M. (2019). In my Element: Gold. *Chemistry a European Journal*, 25, 661, [https:// DOI: 10.1002/chem.201804624](https://doi.org/10.1002/chem.201804624)

INSPIRADOS POR LA TABLA... EL MERCURIO

Laureano Leonel Sabatier

Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Bioactivos (LIDeB).

E-mail: laureanolsabatier@gmail.com

Al igual que la Prof. Dra. Irina Beletskaya (2019) yo también elijo al mercurio como el protagonista de estas palabras.

Si pienso en el villano de la tabla periódica, ese sin dudas es el mercurio. Al igual que la mayoría de los personajes malvados, es sencillamente hermoso. Su belleza es única e inconfundible y en contraparte también lo es su toxicidad.

Al reflexionar sobre este elemento inevitablemente me invade esa sensación de suponer que algo de magia se esconde detrás de sus átomos y conocer solo un poco de su historia confirma esa impresión. Desde la Edad antigua un halo de misticismo lo rodea, atribuyéndosele propiedades alquímicas y mágicas. Por ejemplo, se dice que la monumental tumba (aún no abierta) del emperador chino Qin Shi Huang (fallecido en el año 210 a.C.) está rodeada de ríos de este metal que, el emperador creía, le darían inmortalidad. También existen reportes de la Edad Media, que sostienen que el plomo podía ser transformado en oro agregándole cantidades exactas de mercurio en presencia de la famosa piedra filosofal. Su protagonismo en la historia de la Química es tan trascendental que fue a través de su uso que Priestley y posteriormente Lavoisier derribaron la teoría del *flogisto* sentando las bases de la Química Moderna (Díaz Sánchez, 2003). Como se puede apreciar, el conocimiento sobre este elemento es muy antiguo, lo que explica sus múltiples nombres. Los romanos lo conocían como *hydrargyrum*, que significa algo así como "plata acuosa", de allí su símbolo químico: Hg. Su actual nombre alemán es *quecksilber* e incluso en inglés acepta el nombre alternativo de *quick-silver*; estos términos significan "plata viva", aunque universalmente el nombre más usado es mercurio, en alusión al dios romano (Blesa y Castro, 2015).

Al igual que el dios alado y mensajero, este metal es terriblemente inquieto, basta recordar la odisea para tratar de contenerlo en la ocasión que se rompió algún termómetro. Su carácter metálico, le confiere las características de elevada fuerza de cohesión y baja adhesión, convirtiéndolo en un líquido que "no moja" y que tiende a unirse.

Como detalla la Dra. Beletskaya, el mercurio se ha utilizado ampliamente en muchos oficios artesanales y manufactureros importantes desde la antigüedad hasta el siglo XX, como: extracción de oro, fabricación de espejos, producción y uso de pesticidas y de medicamentos primitivos. Aunque quizás el más conocido de todos sea la elaboración de sombreros.

Lewis Carroll, el autor de las Aventuras de Alicia en el país de las maravillas, popularizó un sombrerero, cuya locura podía hacer alusión a los efectos exacerbados del hidrargirismo, una enfermedad neurológica producida por la exposición prolongada de sales de mercurio empleadas, por los artesanos de la época, para tratar el fieltro.

Otra de las características sorprendentes de mi villano favorito, es que es un metal con la capacidad de disolver otros metales en un proceso exotérmico. Es decir, es capaz de formar aleaciones sin necesidad de calentar para fundir. Este hecho permite el desarrollo de amalgamas de plata y cinc, frecuentemente usadas en odontología y de sodio empleada como un suave agente reductor en química orgánica.

Si de reactividad se trata, la pareja que frecuentemente elige formar es con el azufre. Esta gran afinidad se manifiesta desde su fuente natural: el cinabrio (HgS) de color rojo (Figura 1), que al molerse recibe el nombre de bermellón, siendo empleado por la cultura india como pigmento para señalar en la frente de las mujeres su condición de casada.



Figura 1. Fragmentos de Cinabrio.

Pero su reactividad no termina allí, en una especie de poliamor químico, el mercurio también puede formar enlaces muy estables con el carbono. Siendo, lamentablemente, los frutos de esta unión los responsables de su elevada toxicidad.

El trágico caso Chisso-Minamata, se convirtió en un desastre a gran escala porque el mercurio remanente, aplicado como catalizador en

la producción de acetaldehído, era vertido al mar en donde se transformaba en metilmercurio, mucho más tóxico y asimilable para los organismos vivos. De esta manera a través del consumo de pescados y mariscos, más de 2000 habitantes resultaron gravemente envenenados.

Si bien los compuestos organomercurícos, al ser estables posibilitaron el monitoreo y entendimiento mecanístico de muchas reacciones de sustitución electrófila, en épocas pre-espectroscópicas, su uso es cada vez menos aceptado.

La producción mundial comenzó su lento pero incesante declive y la mina de Almadén, de la cual se extrajo un tercio del mercurio usado por la humanidad ahora está cerrada y se ha convertido en una atracción turística.

Ya no usamos termómetros de mercurio, ni medicamentos, ni pesticidas que lo contengan. La última aplicación de mercurio, además de la odontología, en la que también se reemplaza lentamente por materiales modernos de alta tecnología, es la producción de lámparas fluorescentes que ahorran energía, pero ahora también están comenzando a disminuir, siendo reemplazado constantemente por nuevas fuentes de luz.

El villano que por siglos maravilló con su fluidez, brillo y reactividad está, afortunadamente, siendo desterrado. Sin embargo, su historia cargada de magia, transformaciones, sombreros y colores constituye un punto de intercambio que seduce a cualquier docente cuyo interés sea motivar a sus estudiantes. El conocimiento, al igual que mi malvado protagonista, debe mantenerse dispuesto con la mano abierta, ya que si cierra el mismo se cae.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beletskaya, I. P. (2019). In My Element: Mercury. *Chemistry a European Journal*, 25 (31), 7408–7409, <https://doi.org/10.1002/chem.201901584>
- Blesa, M. A. ; Castro, G. (2015). *Historia Natural y Cultural Del Mercurio*. Buenos Aires: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias.
- Díaz Sánchez, J. (2003). *Los Alquimistas*. Buenos Aires: Sudamericana.

#IYPT2019

Andrea S. Farré

Universidad Nacional de Río Negro. Sede Andina

E-mail: asfarré@unrn.edu.ar

Resumen. Con motivo del Año Internacional de la Tabla Periódica presentamos una recopilación no exhaustiva de recursos que pueden ser encontrados en Internet. Los mismos pueden ser empleados para la enseñanza de distintos aspectos de la tabla periódica. Fueron analizados en clave didáctica, presentando además algunas ideas que pueden enriquecer la práctica áulica.

Palabras clave. Tabla periódica, Didáctica de la química, Recursos educativos, Internet.

#IYPT2019

Abstract. On the International Year of the Periodic Table, we present a non-exhaustive collection of Internet resources. These resources can be used in order to teach different aspects of the periodic table. We analyzed them adopting an educational or pedagogical approach. We also present some ideas that can enrich the teaching practice.

Key words. Periodic table, Chemistry education, Educational resources, Internet

El 5 de diciembre del corriente año, en Tokio, Japón, será la ceremonia de cierre del Año Internacional de la Tabla Periódica. Año que se comenzó a festejar con la conferencia de apertura del 29 de enero en París, Francia. Con motivo de esta celebración se han creado una gran cantidad de recursos para la enseñanza del tema, además de los que ya existían. Este trabajo tiene entonces por objetivo dar cuenta de algunos de los recursos nuevos y de otros más antiguos que se pueden encontrar en Internet, pensándolos en clave didáctica y realizando un breve comentario sobre cada uno de ellos. En un primer momento analizaremos algunos textos y lecturas con los cuales trabajar, para después pasar a imágenes estáticas, dinámicas e interactivas que pueden emplearse para dar clases para la enseñanza de la tabla periódica, para finalmente dar cuenta de recursos de ambos tipos que se pueden emplear para enseñar el concepto de elemento.

LA TABLA PERIÓDICA Y LA LECTURA

Cuando se trata de alfabetizar científicamente, la lectura no debe, ni puede ser excluida. Para eso nuestros/as alumnos/as deberían ser capaces de leer materiales de diferente índole. Libros de texto seguramente, pero también materiales de divulgación y obras literarias que los y las

ayuden a construir conocimiento. ¿Y para qué leer? Podemos identificar algunas funciones que tiene la lectura, entre ellas podemos citar:

- Abrir interrogantes
- Cuestionar, revisar o reorganizar las propias ideas
- Construir un material conjuntamente con otros
- Aportar informaciones complementarias
- Tomar consciencia y definir posturas ante determinados hechos sociales

Hay muchos aportes que pueden ayudarnos a trabajar la lectura en las clases de Química, por citar algunos del contexto internacional, están los trabajos de Neus Sanmartí y su grupo. Muchos de ellos disponibles en un portal destinado al fomento de la lectura del Ministerio de Educación y Deporte de España: <https://leer.es/>. Otros aportes del grupo pueden ser encontrados en revistas del área, por ejemplo encontramos trabajos para promover distintos niveles de lectura (Sardà Jorge, Márquez Bargalló, y Sanmartí Puig, 2006) o para desarrollar el pensamiento crítico (Oliveras y Sanmartí, 2009). Tampoco podemos olvidarnos de algunas contribuciones de investigadores argentinos como el recientemente publicado de Espinoza y Casamajor (2018) quienes resumen quince años de investigación y nos señalan, entre otras cosas, la importancia de trabajar desde un propósito lector. De ningún modo podemos olvidarnos que actualmente estamos atravesados por la tecnología, y en ese sentido García (2011) propone formas de integrar la lectura y el uso de TICs y aunque son en para enseñar Biología, sus ideas son potentes también para la enseñanza de la Química. Por último, en esta lluvia de ideas para llevar al aula, hay que tener en cuenta la demanda cognitiva que implica leer, consecuentemente las experiencias no pueden ser transferidas de un contexto a otro sin mediar la reflexión. En este sentido es importante también tener en cuenta el trabajo de Rosli (2014) quien nos habla de los medios didácticos construidos por los y las docentes a través de las tareas y actividades de lectura, y lo que pueden y no pueden hacer alumnos y alumnas en diferentes contextos.

Teniendo en cuenta todos estos aportes, y seguramente muchos más que no estamos citando acá, y también los conocimientos prácticos que cada uno/a haya podido construir como docente, algunos recursos que pueden ser tenidos en cuenta para la enseñanza de la tabla periódica son los que se pueden encontrar en las páginas de:

CONICET: El día 9 de abril del corriente año el CONICET se hizo eco del año internacional de la tabla periódica publicando una noticia al respecto (<https://www.conicet.gov.ar/2019-ano-internacional-de-la-tabla-periodica/>). En dicha noticia además de poder leer la opinión de varios

científicos/as argentinos/as sobre la tabla periódica y rescatar el papel de la mujer en la construcción de la misma, también se dan algunas ideas de las maneras en que se puede llevar al aula el tema de la tabla periódica. Si bien no es un recurso en sí mismo, podemos recurrir a la nota para buscar inspiración o para reescribirla e introducir no solo el tema, sino también las voces de científicos y científicas de nuestro país

El Gato y la Caja: Para quien no conozca a "El Gato y la Caja" podríamos decir que se trata de una página (y más que una página, porque está en Facebook y en Twitter) de divulgación científica. En palabras de quienes lo escriben y diseñan, "(...) *el Gato es una voluntad, una urgencia y una necesidad de compartir la ciencia como forma de mirar y de verla colarse en tantos espacios como sea posible*"¹ También, son más que divulgación, más adelante en su presentación indican que cuando alguien pregunta qué es, el que responde puede decir tres palabras: Comunicación, Investigación y Diseño.

En esta página podemos encontrar diversas lecturas que a partir de la tabla periódica nos pueden llevar a otros temas:

- "No binarios" (<https://elgatoylajaja.com.ar/no-binarios/>): En este texto podemos relacionar la tabla periódica con las uniones químicas, pudiéndose enseñar con él estructuras de Lewis, y hasta la Teoría de Orbitales Moleculares. El texto se hace ameno, pero debería revisarse, ya que existen algunas imprecisiones históricas (no fue Pauling quien propuso la Teoría de Orbitales Moleculares, sino que propuso la Teoría de Enlace de Valencia) y existen algunas analogías de elementos humanizados, que quizás habría que retomar en clase para luego, analizar los límites de la analogía y expresar lo mismo con un lenguaje más cercano al conocimiento científico.
- "Sinfonía" (<https://elgatoylajaja.com.ar/sinfonia/>): En esta nota se presenta una breve historia sobre la forma en que se fue construyendo la tabla periódica que conocemos hoy, y además, se introducen las propiedades periódicas. La historia podría ser evaluada como anacrónica, ya que juzga a los hechos desde el presente, pero seguramente no como pseudo-histórica, ya que no presenta a la historia como realizada por seres iluminados. Con respecto a las propiedades periódicas un dato no menor es la introducción del apantallamiento y la carga nuclear efectiva, que generalmente no aparecen en los libros de Química de secundaria, pero son importantísimos para entender la variación de las otras propiedades periódicas que explican la reactividad química.

Libros maravillosos: Existe un portal que se llama justamente así y que más de quince años que difunde libros que podemos utilizar en

¹ <https://elgatoylajaja.com.ar/que-es-gato/>

nuestras clases. Aquí podemos encontrar también textos de divulgación, en los que se relata alguna historia de la tabla periódica de Mendeleiev, como por ejemplo:

- "Eurekas y euforias. Cómo entender la ciencia a través de sus anécdotas" de Walter Gratzer (<http://www.librosmaravillosos.com/eurekasyeuforias/>)
- "Las lagartijas no hacen preguntas" de Simon Mlodinow (<http://www.librosmaravillosos.com/laslagartijasnosehacenpreguntas/>)
- el recientemente publicado "Ciencia, un gran paso para la humanidad" en el cual Gabriel Pinto Cañón incluso hace referencia al Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos (<http://www.librosmaravillosos.com/cienciayungranpasoparahumanidad/>)
- muchos de los libros de Isaac Asimov como por ejemplo su "Introducción a la ciencia" (<http://www.librosmaravillosos.com/introduccionciencia/>)

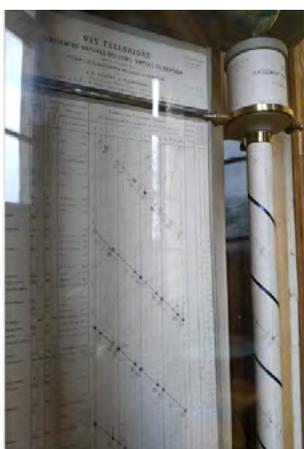
Sin embargo, lo que podríamos entender como el mayor aporte está en esos libros en los que se presentan historias que puedan llamar la atención de alumnos y alumnas a quienes la Química puede resultarles indiferente. Es decir libros que nos ayuden a atender a la heterogeneidad del aula. En este caso podremos recurrir al arte, y ahí nos encontramos con "La invención del Color" (<http://www.librosmaravillosos.com/lainvenciondelcolor/>) de Philip Ball. También con este fin podemos recurrir a lo que Litwin (2008) ha llamado suprarrelatos. Eso es textos que por su calidad de escritura y su mensaje conmovedor, nos revelan nuestra dimensión humana y al identificarnos, nos llevan a reflexionar y a cambiar nuestro modo de ver el mundo. Un ejemplo es el libro de Primo Levy "El sistema periódico" (<http://www.librosmaravillosos.com/elsistemaperiodico/>). Como señala en su introducción, en el libro, los capítulos están dedicados a los elementos químicos y se convierten en metáforas del hombre o de las relaciones humanas.

LA LEY PERIÓDICA Y SU REPRESENTACIÓN GRÁFICA

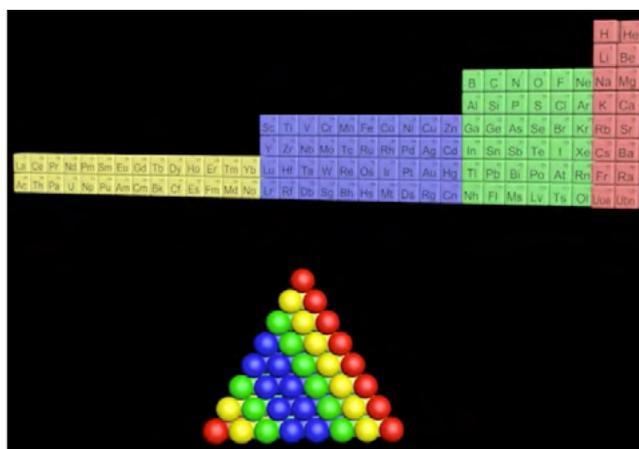
Un dicho popular señala que una imagen vale más que mil palabras, Raviolo (2018) señala que realmente las imágenes son complementarias a las palabras y sus significados se modifican mutuamente. Si pensamos todavía que la imágenes son mejores y más sencillas que las palabras y que se recuerdan mejor, seríamos como la mayoría de los y las docentes, optimistas de la imagen (Fanaro, Otero y Greca, 2005). Pero esto no es así, como toda representación externa requieren un procesamiento cognitivo demandante, sobre todo si uno pretende emplearlas de forma epistémica, para liberar recursos cognitivos. Estas representaciones no solo constituyen los canales por medio de los cuales circula el conoci-

miento sino que son en sí mismos formas de conocer y aprender (Pérez-Echeverría, Martí y Pozo, 2010). En consecuencia, trabajar con diferentes representaciones nos puede llevar a diferentes conceptualizaciones, a construir diferentes modelos mentales, incluso cuando la información presentada en ellas sea equivalente. Y aún más, las imágenes solamente facilitan el aprendizaje si la tarea es adecuada, ya que se ha observado que no lo facilitan cuando el formato de visualización interfiere con el modelo mental que pretendemos que el o la estudiante construya (Schnotz y Kürschner, 2008).

En el caso de la tabla periódica, generalmente trabajamos con una sola representación, incluso cuando hasta el mismo Mendeleiev intentó diferentes tablas para simbolizar la ley periódica (Bensaude-Vincent, 2001). Dentro de los recursos disponibles en internet que pueden ayudarnos a revisar estas prácticas está una base de datos de tablas periódicas (https://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php?PT_id=9). Existen otros sitios de Internet en los que se puede acceder a diferentes representaciones de la tabla periódica, pero esta base de datos si no es la más completa, pareciera serlo. Podemos encontrar en ella además de nueve versiones de tablas periódicas publicadas por Mendeleiev entre 1868 y 1906, otras múltiples representaciones las cuales han sido clasificadas según el año en que se propusieron. Además se puede acceder fácilmente a propuestas circulares, en espiral y helicoidales, o en tres dimensiones (Figura 1). También se pueden encontrar tablas periódicas no químicas, de actores, de tipos de cervezas, chocolates, rock, entre otras (Figura 2). El único inconveniente que puede encontrarse con esta base de datos es que está en inglés, pero al tratarse de tablas periódicas y al poseer conocimiento sobre el tema la selección no será muy dificultosa.



Béguyer de Chancourtois (1862)



Weise (2019)

Figura 1. Propuestas de tablas periódicas en espiral y en tres dimensiones (Fuente: https://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php?PT_id=9)

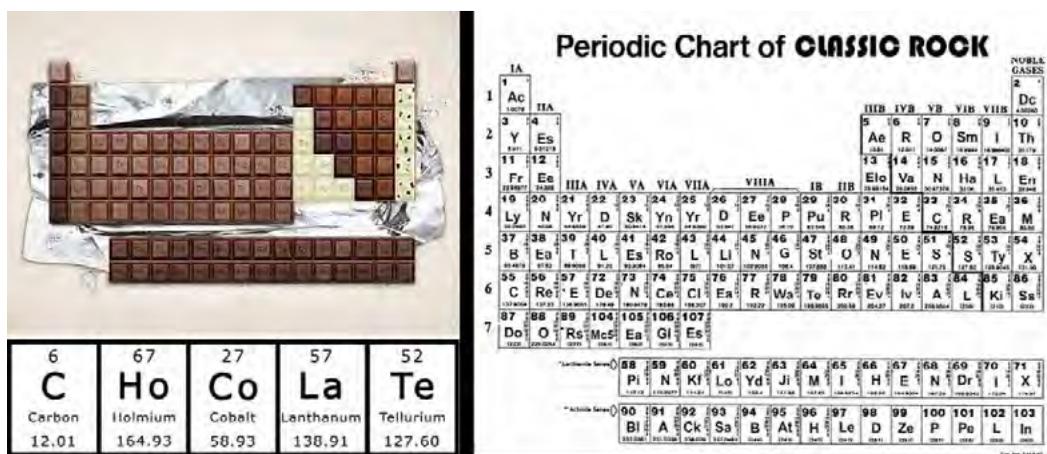


Figura 2. Tablas periódicas no químicas (Fuente: https://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php?PT_id=9)

Para trabajar con ellas y considerando los aportes de los estudios sobre el aprendizaje, se deberían crear consignas que permitan poner en juego procesos cognitivos como prestar atención y seleccionar el material relevante. Además que ayuden a activar los conocimientos previos, y/o asegurándose que los y las estudiantes conozcan los nombre y características de los conceptos que aborda el material. En este caso, esto se podría realizar, por ejemplo, haciendo

un análisis o exploración de la representación, viendo la ubicación de los elementos y la información que proporciona cada uno de los cuadros en donde están representados los símbolos de los elementos. Es decir, realizando un procesamiento de la información explícita las tablas. Luego a través de las tareas propuestas se les podría pedir a los y las estudiantes que relacionen la posición de los elementos en las diferentes tablas periódicas y que reflexionen sobre eso. De esta manera brindamos ayuda para dirigir la atención sobre un aspecto clave para construir la idea de periodicidad y al mismo tiempo andamiajes para el procesamiento de las informaciones implícitas y conceptuales.

LA TABLA PERIÓDICA COMO RECURSO TIC

Cuando uno explora Internet puede encontrarse con muchas tablas interactivas y uno se podría preguntar entonces, ¿cuál elegir? Para eso habría que considerar por lo menos dos cuestiones:

1. Como sostiene Lion (2006), al igual que pasa con las imágenes y representaciones gráficas, las tecnologías potencian las formas en que nos apropiamos el conocimiento, no son meros medios o soportes. Al interactuar con ellas se propician determinados vínculos con la información y se obstaculizan u ocultan otros. Con lo cual deberíamos preguntarnos sobre cómo es que queremos que nuestros/as alumnos/as se vinculen con el conocimiento, qué aspectos de la tabla periódica queremos trabajar con ellos y cuáles no. Es decir,

reflexionar sobre el contenido a enseñar y sobre cómo la tecnología impacta en el contenido a enseñar.

2. La otra cuestión a tener en cuenta es la función educativa que tendrá la tecnología en la enseñanza del tema. Aunque es sabido, siempre es importante recordar que la tecnología potencia lo bueno y lo malo de la propuesta didáctica. O sea, la tecnología debe integrarse a la enseñanza con una intencionalidad didáctica. En general este tipo de tablas periódicas pueden servir para indagar en el mundo virtual (López Simó y otros, 2017). Con ellas se puede observar por ejemplo la posición en la tabla de los elementos y algunas también permiten la observación de las sustancias simples y sus características. También se pueden recoger datos de diferentes propiedades y en distintos formatos. O sea, puede servir para promover la participación activa, explorando y revisando el modelo de tabla periódica tradicional, para que los/as alumnos/as entiendan qué es lo que hay detrás de este ordenamiento. De esta manera no pensarán que la tabla periódica se trata de una descripción estática e inmutable de la ley periódica y por lo tanto no intentarán memorizarla sino comprenderla (Talanquer, 2014).

Realizamos una búsqueda de tablas interactivas en Internet y si bien no fue exhaustiva, hemos encontrado veintiseis que se incluyen en el Anexo indicando la dirección del sitio y una breve descripción de lo que se encuentra. Las clasificamos tratando de tener en cuenta las posibles intencionalidades didácticas. Cabe aclarar que ninguna clasificación es única, cada uno podría hacer la suya en función de las características o criterios que se elijan. Es así que en esta clasificación, tomamos como criterio la información que presenta la tabla periódica: si sirve solamente para que los y las estudiantes se familiaricen con los elementos presentados por ella, o si detalla algunas propiedades, las tendencias de las mismas y/o la configuración electrónica, de manera que se pueda reflexionar sobre el ordenamiento de los elementos. Además, si bien se puede hacer uso de las tablas que existen en idioma inglés, nos pareció importante detallar cuáles de ellas están publicadas en castellano.

Seguramente la exploración de estos recursos haga que se evidencien características que no han sido tenidas en cuenta aquí. Además posibilite la reflexión de qué recurso es mejor utilizar en función de la secuencia didáctica diseñada. Algunas consideraciones que podemos enunciar y que pudieran dar ideas para la práctica son por ejemplo:

- No todas las tablas periódicas encontradas son de la misma época, con lo cual no se representan la misma cantidad de elementos. En consecuencia, trabajar con tablas que representen diferentes elementos puede mostrar un modelo que está en construcción, una tabla periódica que no está acabada, sino que se sigue investigando sobre ella.

- También se pueden emplear varias tablas en función de la información que se presenta. Sobre todo, porque las que están en castellano no necesariamente son las que poseen más información.
- De acuerdo a lo que querramos enseñar, la forma de presentación de la tabla periódica influirá en las consignas que construyamos. Por ejemplo, hay tablas en las que al *clickear* sobre los elementos podemos acceder a las propiedades que se detallan en otra página, mientras que hay otras que las propiedades se visualizan en la misma página, y hay otras que también en la misma página se pueden ver las tendencias de las propiedades. Esto hace que en los primeros casos tenga que trabajar copiando los datos para luego analizar las tendencias, mientras que en el último caso pueda solamente trabajar con la tabla periódica. Si me interesa que los y las estudiantes grafiquen, seguramente trabajaré con las primeras y si no me interesa que lo hagan y solamente reflexionen sobre el modelo trabajaré con las últimas que ya presentan las tendencias.

Talanquer (2014) señala algunas recomendaciones más que pueden tenerse en cuenta en este caso:

- Que la tabla que se utilice centre la atención del usuario en conceptos científicos básicos como variables y propiedades fundamentales. O sea no necesariamente una tabla que presenta mucha información es la que más sirve para un novato porque puede saturar su memoria de trabajo. También esto puede ser subsanado focalizando la atención a través de las consignas con las que se trabaje.
- Que recurra a múltiples representaciones. En general las tablas interactivas se corresponden con la tabla periódica tradicional, solamente en dos casos hemos podido constatar otros tipos de representación. Igualmente, puede trabajarse con múltiples representaciones de la periodicidad de las propiedades, y esto sí lo permiten las tablas periódicas.
- Que tengan un alto grado de interactividad con respuestas inmediatas y presente controles simples casi intuitivos y por último que tenga un diseño gráfico que invite a la exploración.

Todo esto podrá servir a responder cuál o cuáles tablas periódicas usamos dentro de las múltiples que encontramos en Internet. Otras recomendaciones que podemos dar tienen que ver con cómo trabajar con ellas. Podría ser interesante que los y las estudiantes dispongan de un tiempo para que la exploren libremente y también sería importante que ellos mismos pudieran decidir cómo hacer para evidenciar por qué se llama periódica la tabla periódica.

Si bien pensamos que trabajar la idea de periodicidad es lo más potente

que se puede realizar con una tabla periódica interactiva, también se puede enseñar la idea de elemento y su diferencia/similitud con el de sustancia simple. Mendeleiev mismo insistía sobre el sentido dual del concepto elemento, es decir como las sustancias que se obtienen como producto de los análisis químicos (elementos o sustancias simples) y lo que Mendeleiev llamaba "*elementos reales*". El elemento real sería una sustancia abstracta, es eso que no se pierde al formar un compuesto y es justamente ese elemento real el que está relacionado con la clasificación periódica (Scerri, 2008).

ELEMENTOS REALES Y SUSTANCIAS SIMPLES: IMÁGENES Y LECTURAS

Existen otros recursos a los que les caben las recomendaciones de las imágenes y representaciones externas no verbales, pero que sirven principalmente para trabajar esta dualidad del concepto de elemento. De los recursos que estamos hablando son infografías. La *Royal Society of Chemistry* ha desarrollado infografías de los elementos de la tabla periódica en los que se simboliza el lugar que ocupa en la tabla tradicional, algunos usos y algunas características de los mismos (<https://www.rsc.org/iypt/iypt-elements/>). Lamentablemente, estas infografías solamente se han publicado en inglés, pero en el blog de una empresa química pueden encontrarse algunas en castellano (<https://www.grupbarcelona.com/es/blog-categories/actualidad>). Otras imágenes, que no son estrictamente infografías pero que sí pudieran servir para atender a la heterogeneidad del aula debido a que surgen de un concurso artístico son las que se presentan en la página: <https://www.periodicgraphicsofelements.com/>

También para enseñar sobre los elementos, pero ahora desde la lectura (considerando lo mencionado anteriormente sobre este tipo de estrategias didáctica), se puede utilizar el número 2 del volumen 115 del correspondiente año, de la revista *Anales de Química* (<http://analesdequimica.es/wp2/tabla-de-contenidos-vol-115-no-2-2019/>). En este número se presenta información sobre todos los elementos de la tabla periódica, incluso sobre elementos a descubrir. En cada artículo breve escrito por químicos españoles, se resaltan detalles sobre descubrimiento, etimología del nombre, reactividad química, propiedades, aplicaciones, entre otros datos². Otras lecturas sobre los elementos, publicadas en idioma inglés, que pueden servir para un acercamiento diferente son las publicadas en la revista *Chemistry – A European Journal* ([https://onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)1521-3765.InMyElement](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)1521-3765.InMyElement)). En este caso, no hay artículos de todos los elementos, y algunos les corresponden más de un artículo. En ellos un científico o científica fun-

² Estos artículos son los que se han vinculado con una de las tablas periódicas interactivas mencionadas en el anexo (<http://tablaperiodica.analesdequimica.es/>).

damenta su favoritismo por el elemento y se detallan algunas investigaciones sobre el elemento elegido. Alternativamente, y publicados en el año 2013 y 2014, en la revista *Chemistry Views* (<https://www.chemistryviews.org>), se pueden encontrar poemas y características de algunos de los elementos de la tabla periódica.

REFLEXIONES FINALES Y OTROS RECURSOS POR EXPLORAR

Si bien hasta aquí hemos realizado una revisión bastante detallada de los recursos que se pueden encontrar en Internet, todavía se pueden hallar y evaluar muchos más. Una mención muy especial merecen los que se pueden encontrar en la página de la *American Chemical Society* (<https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/periodictable.html>). La asociación comparte recursos clasificados por edades desde 1 hasta más de 18 años, que van desde videos, pasando por secuencias didácticas hasta diferentes tipos de actividades. También para la *Real Sociedad Española de Química* (<https://rseq.org/recursos/>) que propone un juego inspirado en el juego de cartas Uno para aprender la tabla periódica el cual está siendo investigado. Además, existen otras lecturas que quedarían para otros artículos o para que cada uno pueda analizar, evaluar y utilizar, como ejemplo los debates sobre la periodicidad que se presentan en la revista *Chemistry Views* (DOI: [10.1002/chemv.201000093](https://doi.org/10.1002/chemv.201000093), DOI: [10.1002/chemv.201000134](https://doi.org/10.1002/chemv.201000134), DOI: [10.1002/chemv.201000135](https://doi.org/10.1002/chemv.201000135)).

Seguramente, con solo utilizar en las redes sociales #IYPT, o #IYPT2019, uno pudiera encontrar millones de recursos más. Esto, sin contar que no hemos indagado sobre los recursos con los que uno puede contar en los celulares o tabletas, ya sea aplicaciones o realidad aumentada. Como sucede en esta era de la información, lo que falta es tiempo o espacio para analizarlos. Igualmente creemos que hemos realizado un aporte para pensar los recursos en clave didáctica. En otras palabras, hemos propiciado la reflexión sobre qué es lo que queremos enseñar en el momento de enseñar y que el recurso sea acorde a nuestra intencionalidad docente y no al revés. También podemos asegurar que las ideas para trabajar en el aula pudieran ser mucho más elaboradas. Por ejemplo en el caso de la lectura, dimos pistas pero no propuestas. Sin embargo, para cada estrategia hemos citado bibliografía que en su mayoría puede ser encontrada en Internet y puede servir para seguir profundizando. No pensamos que la práctica docente se resuelva con recetas, sino que entendemos que cada uno/a debe reflexionar sobre las formas que considera mejores en determinados contextos. Lo nuestro sólo fue un aporte para esta reflexión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bensaude-Vincent, B. (2001). Graphic representations of the periodic system of chemical elements. En: U. Klein (ed.), *Tools and Modes of Representation in the Laboratory Sciences* (pp. 133-161). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, Holanda.
- Espinoza, A. M. y Casamajor, A. (2018). Leer para aprender ciencias naturales: un escenario poblado de imágenes, creencias, ocurrencias... *Espacios en Blanco. Revista de Educación*, 28, 107-130. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1515-94852018000200002&lng=esytlng=es.
- Fanaro, M. A., Otero, M. R. y Greca, I. M. (2005). Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N2.pdf
- García, L. (2011). Algunas ideas para repensar los procesos de lectura y escritura en las clases de Biología. *Boletín Biológica*, 21, 4-6. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de [http://www.revistaboletin-biologica.com.ar/pdfs/N21/Garcia\(Aportes21\).pdf](http://www.revistaboletin-biologica.com.ar/pdfs/N21/Garcia(Aportes21).pdf)
- Lion, C. (2006). El tecnoconocimiento. En C. Lion, *Imaginar con Tecnologías. Relaciones entre tecnologías y conocimiento* (Capítulo IV). Buenos Aires: Ed, Stella, Ediciones La Crujía.
- Litwin, E. (2008). Reflexiones en torno a enseñar. En: *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos* (pp. 63-88). Buenos Aires: Paidós.
- López Simó, V., Couso Lagarón, D., Simarro Rodríguez, C., Garrido Espeja, A., Grimalt Álvaro, C., Hernández Rodríguez, M. I. y Pintó Casulleras, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica, *Enseñanza de las Ciencias, Núm. Extra*. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didácticas de las Ciencias. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/17._el_papel_de_las_tic_en_la_ensenanza_de_las_ciencias_en_secundaria.pdf
- Oliveras, B. y Sanmartí, N. (2009). La lectura como medio para desarrollar el pensamiento crítico. *Educación Química*, 20(1), 233-245. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000500005&lng=esytlng=es.

- Pérez-Echeverría, M. P., Martí, E., y Pozo, J. I. (2010). Los sistemas externos de representación como herramientas de la mente. *Cultura y Educación*, 22(2), 133-147. DOI: <https://doi.org/10.1174/113564010791304519>
- Raviolo, A. (2018). Enseñanza de la química y principios del aprendizaje multimedia. *Educación en la Química en Línea*, 24(2), 95-114. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de <http://www.adeqra.com.ar/index.php/institucional/numeros-anteriores/734-vol-24-n-2-2018>
- Rosli, N. (2014). Lectura y escritura en el nivel secundario con sectores socioeconómicos desfavorecidos: configuraciones del medio didáctico. *Simposio Internacional "Investigar la enseñanza de la lectura y la escritura para aprender en distintas disciplinas del nivel medio y superior"*, organizado por el GICEOLEM, Buenos Aires. Ponencia disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=nn96vdWrQmo>
- Sardà Jorge, A., Márquez Bargalló, C. y Sanmartí Puig, N. (2006). Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART5_Vol5_N2.pdf
- Scerri, E. (2008). El pasado y el futuro de la tabla periódica: Este fiel símbolo del campo de la química siempre encara el escrutinio y el debate. *Educación química*, 19(3), 234-241. Recuperado el 2 de julio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2008000300012&lng=es&esytlng=es.
- Schnotz, W. y Kürschner, C. (2008). External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: visualization effects on mental model construction. *Instructional Science*, 36(3), 175-190. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11251-007-9029-2>
- Talanquer, V. (2014). Simulaciones computacionales para explorar y construir modelos. *Alambique*, 76, 8-16.

ANEXO

	Castellano	Inglés
Familiarizarse con los elementos	<p>http://ccom.uprrp.edu/~jortiz/ptable/periodic.html: Muchos de los elementos están relacionados con videos en los que se dan datos sobre la etimología de los nombres, propiedades de los elementos, fuentes de obtención y su presencia en distintos compuestos y usos. Es una tabla realizada colaborativamente en Latinoamérica, auspiciada por la American Chemical Society.</p> <p>http://www.qorganica.es/QOT/T0/speriodico_exported/1131.htm: Se muestran imágenes de las sustancias simples.</p> <p>https://elgatoylacaja.com.ar/tabla-periodica-de-los-elementos/: Se da información sobre algunos elementos como sustancias simples, los usos, también algunas poesías. Existe la posibilidad de crear historias de los que faltan porque es una tabla colaborativa</p> <p>https://public.tableau.com/profile/daniel.jamet.bais#!/vizhome/TablaPeriodicaDinamica/Panel1: Se detallan algunas propiedades físicas y se puede ver el año de descubrimiento, las familias y los bloques</p> <p>http://tablaperiodica.analesdequimica.es/: Se incluyen algunas propiedades físicas, pero más importante que eso que vinculado a cada elemento hay un archivo pdf en el que se indican datos del descubrimiento, la abundancia, los métodos de obtención y los usos.</p>	<p>http://www.periodicvideos.com/index.htm: Cada elemento se relaciona con un video en dónde se cuentan anécdotas, forma de obtención, usos. Está subtítulo en castellano y creado por la Universidad de Nottingham. También está disponible en http://ed.ted.com/periodic-videos, pero los subtítulos son mejores en la primera dirección</p> <p>https://elements.wlonk.com/ElementsTable.htm: La tabla está formada por dibujos que representan dónde se pueden encontrar los elementos, además da información sobre los usos y algunas propiedades de las sustancias simples</p> <p>https://periodictable.com/: Se incluyen fotos de las sustancias simples y se detallan las propiedades físicas</p> <p>https://vis.sciencemag.org/chemhaiku/: Hay un poema (al estilo haiku japonés) que hace alusión a la sustancia simple o a alguno de sus usos</p>

<p>Analizar la periodicidad</p>	<p>http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/index.htm: El de la tabla periódica es uno de los temas que se puede encontrar en esta página. Se puede acceder a información sobre los elementos como sustancia simple, la densidad, configuración electrónica (niveles)</p> <p>http://www.qorganica.es/QOT/T0/prop_atomos_exported/index.html: Se destaca en primer plano la variación de propiedades periódicas mediante gráficos (dispersión o barras), además hay videos explicativos sobre las propiedades</p> <p>https://ptable.com/: De las tablas disponibles en castellano, una de las que más información brinda, los elementos están enlazados a su página de Wikipedia, se dan propiedades de los mismos, se detalla la configuración electrónica (orbitales) y además se enumeran los isótopos y la forma de desintegración.</p>	<p>http://employees.oneonta.edu/viningwj/sims/periodic_table.html: Se puede acceder a información sobre los elementos como sustancia simple, se detallan propiedades, y tendencias de las propiedades mediante gráficos de barras, además se presentan las configuraciones electrónicas (orbitales)</p> <p>http://research.google.com/bigpicture/elements/: Se detallan las citaciones del elemento en libros, su presencia en el cuerpo humano, en la corteza terrestre, en el mar, en el sol, el volumen ocupado (cm³) por gramo de sustancia, configuraciones electrónicas (niveles, representación del modelo de Bohr para cada elemento)</p> <p>http://www.chemeddl.org/resources/ptl/index.html: Se da mucha información sobre los elementos como sustancias simples, año de descubrimiento, usos, obtención, y sobre sus propiedades físicas y atómicas, además de imágenes y videos en algunos casos</p> <p>https://periodicity.io/: Se brinda información principalmente sobre las propiedades periódicas, sus tendencias, y la configuración electrónica (niveles, representación del modelo de Bohr), Permite sumar de masas de los elementos</p> <p>https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/ptable/: Se pueden encontrar propiedades físicas y atómicas, graficándose la tendencia según los colores de los elementos, la configuración electrónica de los elementos (orbitales) y el año de descubrimiento del elemento.</p> <p>https://public.tableau.com/profile/n.stor.alvarado#!/vizhome/Tablaperiodicaonline/Hoja1</p> <p>https://teachchemistry.org/classroom-resources/periodic-trends-simulation: Se obtiene información de las propiedades periódicas, además se pueden comparar las propiedades de los elementos representativos, los cuales son representados mediante el modelo de Bohr, y se puede analizar la factibilidad de formar cationes</p> <p>https://www.rsc.org/periodic-table: Entre las tablas que se disponen en inglés una de las que más informaciones brinda. Se detallan las propiedades físicas y atómicas y las configuraciones electrónicas. Se visualizan las sustancias simples, se detallan los usos, los símbolos químicos, la historia. Además se puede acceder a audios sobre los elementos y a videos (los creados por la <i>Royal Society Of Chemistry</i> y los de la tabla periódica de videos de la Universidad de Nottingham).</p> <p>https://www.webelements.com/index.html: También tiene mucha información sobre los elementos como sustancias simples o como átomos, los modos de obtención y los usos, los isótopos y su abundancia. Además existen audios sobre cada elemento. Otro punto interesante es que además de la tabla periódica tradicional se pueden observar otras representaciones de la ley periódica.</p>
---------------------------------	--	---

Otros	<p>http://www.fisica-quimica-se-cundaria-bachillerato.com/quimica_interactiva.htm: Se presentan 3 tablas de elementos representativos en las que se da información sobre: 1) configuración electrónica (niveles) y representación de Lewis, 2) uniones químicas, y fórmulas Lewis, 3) masa atómica, composición isotópica</p> <p>https://www.lamanzanadenewton.com/materiales/aplicaciones/ltp/lmn_mat_tp00.html: No se trata de una tabla muy interactiva, pero sí con información de la tabla como modelo.</p>	<p>https://applets.kcvs.ca/IPTEI/IPTEI.html: Se da información sobre la composición isotópica y el uso de los isótopos como marcadores.</p> <p>https://www.chemtube3d.com/periodic/: No se trata de una tabla periódica del todo tradicional porque el hidrógeno no está representado en el grupo I. La información que brinda es sobre las estructuras de los compuestos en los que existe el elemento mediante modelos tridimensionales.</p> <p>https://public.tableau.com/es-es/gallery/history-periodic-table: Se da el año de descubrimiento y se ve cómo fue evolucionando la tabla periódica tradicional en función de los elementos conocidos.</p>
-------	---	--

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS IBEROAMERICANAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TABLA PERIÓDICA

Andrea S. Farré, Patricia Carabelli y Andrés Raviolo

Universidad Nacional de Río Negro. Sede Andina.

E-mail: asfarre@unrn.edu.ar

Resumen. Presentamos una revisión bibliográfica sobre estrategias didácticas para la enseñanza de la tabla periódica. Analizamos 37 artículos publicados en idioma español y portugués por revistas editadas en Iberoamérica. Los resultados mostraron cinco grupos de estrategias. Las experiencias lúdicas fueron las más elegidas, seguidas en un número mucho menor por la contextualización y la indagación y/o modelización utilizadas, luego la lectura y/o escritura, y finalmente otras estrategias (analogías y mapas conceptuales). Mayormente las estrategias se emplearon para que los y las estudiantes se familiaricen con la tabla periódica y no para que construyan la idea de periodicidad. Además, generalmente hicieron uso solamente de la tabla periódica tradicional. Mayormente las propuestas fueron puestas en práctica, pero la evaluación de las mismas estuvo principalmente ligada a la satisfacción del alumnado. Pocas evaluaciones tuvieron en cuenta la influencia de la estrategia sobre el aprendizaje.

Palabras clave. Estrategias didácticas, Tabla periódica, Periodicidad.

Strategies for teaching the periodic table in Iberoamerica

Abstract. The article introduces a review of strategies for teaching the periodic table. The review analyzed 37 articles published in Spanish and Portuguese in Iberoamerican journals. Findings showed five groups of strategies. Playful-based strategies were, by far, the most commonly presented. Context-based strategies, and inquiry and modeling-based strategies, represented a far distant second and third groups, respectively. Reading and writing-based strategies formed a minor fourth group. Finally, a fifth group of strategies relied on analogies and conceptual maps. The use of strategies mostly looked for helping students to get used to the periodic table, and it didn't look for students to learn the idea of periodicity. Additionally, strategies employed the traditional periodic table. Findings also showed the application of a majority of the proposals in a real class setting. However, students' satisfaction with the strategy was the main factor considered for assessment. A few assessments took in account how strategies influenced students' learning.

Key words. Teaching strategies, Periodic table, Periodicity

INTRODUCCIÓN

Hace 150 años el químico ruso Dimitry Mendeléiev publicaba por primera vez en su libro "Principios de Química" dos versiones de la tabla periódica. Las que incluyó fueron una en la que los períodos estaban representados en columnas y otra en la que los períodos correspondían a filas horizontales. Según Bensaude-Vincent (2001) deberíamos hablar de la "ley periódica de Mendeléiev" más que de su tabla, ya que además de las dos primeras versiones, en las siete ediciones subsiguientes de su libro y también en otros artículos, la forma de ordenar los elementos y la

información que presentaba en las diferentes representaciones fue variando. Por ejemplo, la tabla que apareció en la edición de 1869 consistía en una tabla con períodos verticales que incluía solamente símbolos y masas atómicas, mientras que en su tercera edición del año 1877, la tabla tenía períodos horizontales y además de símbolos y masas atómicas incluía las fórmulas genéricas de los óxidos e hidruros que forman los elementos de cada grupo.

La tabla periódica tal como la conocemos hoy, esa icónica matriz rectangular, se popularizó dentro de la comunidad científica en la década de 1960 y fue adoptada por la IUPAC recién en 1980. Esta tabla al igual que las utilizadas por Mendeléiev sufre de un inconveniente, en estas tablas no se respeta que: *"la secuencia de los elementos es ininterrumpida y en cierto modo representa una función espiral"* (Mendeléiev citado por Bensaude-Vincent, 2001, p. 136). Igualmente, en la que puebla nuestras aulas y en todas las versiones de tablas periódicas, lo que se intenta representar es la ley periódica. Como sostiene Scerri (2008, p. 234) estas representaciones capturan *"(...) la esencia de la química en un diseño elegante. La tabla periódica proporciona una forma concisa de entender cómo reaccionan entre sí todos los elementos conocidos y se enlazan químicamente, y ayuda a explicar las propiedades de cada elemento que lo hacen reaccionar de tal manera."*

Debido al hecho histórico, y a la importancia que tiene actualmente, es que este año la Asamblea General de las Naciones Unidas lo ha proclamado como Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos, *"(...) a fin de concienciar a nivel mundial sobre las ciencias básicas y mejorar la educación en este ámbito (...)"* (Naciones Unidas, 2017, pp. 10-11). En este contexto, revisar las estrategias empleadas para la enseñanza de la tabla periódica contribuye a los propósitos de la mencionada declaración. Entendemos por estrategia *"al conjunto de decisiones que toma un docente para organizar la enseñanza con el fin de promover el aprendizaje de sus alumnos"* (Anijovich y Mora, 2010, p. 23). El objetivo del presente trabajo, entonces, es presentar una revisión de los artículos sobre estrategias didácticas para la enseñanza del tema tabla periódica en el nivel medio, publicados en revistas de Iberoamérica en idiomas español y portugués.

METODOLOGÍA

Realizamos una búsqueda en Google Académico utilizando como criterio de búsqueda: enseñanza tabla periódica o *ensino tabela periódica*. A partir de la lectura de los títulos y los resúmenes seleccionamos artículos que dieran cuenta de estrategias didácticas para el nivel medio y que hubieran sido publicados en revistas de acceso abierto. Se completó la selección buscando en los sitios de las revistas utilizando las palabras: tabla periód-

dica o *tabela periódica*. Cabe aclarar que se excluyeron otras revisiones de literatura focalizadas en un solo tipo de estrategia (como por ejemplo: Franco-Mariscal, Oliva-Martínez y Bernal-Márquez, 2012a y 2012b) o que revisaran artículos publicados en revistas o congresos brasileros (por ejemplo: Leite, 2019 o Ramos y otros, 2018) o publicaciones del *Journal of Chemical Education* (por ejemplo: Linares e Izquierdo, 2007). No obstante, revisamos las referencias bibliográficas para completar la selección de trabajos. De esta manera recopilamos un total de 37 artículos (14 en español y 24 en portugués, ver Anexo) publicados en revistas cuyo alcance incluía exclusivamente la divulgación de investigaciones o indistintamente investigaciones o innovaciones sobre enseñanza en general, enseñanza de las ciencias o enseñanza de la química.

Para sistematizar el análisis planteamos las siguientes preguntas que guiaron la lectura:

1. ¿Por qué es importante presentar estrategias didácticas para la enseñanza de la tabla periódica?
2. ¿Qué tipo de estrategia emplean y por qué la utilizan?, ¿qué aprendizaje se busca promover?, y ¿qué tipo de representación de tabla periódica emplean?
3. ¿El trabajo se trata de una propuesta o es una intervención y si dicha intervención fue evaluada y de qué forma?

RESULTADOS

1. La importancia de presentar estrategias didácticas para la enseñanza de la tabla periódica

Como se puede observar en la Figura I, las propuestas se fundamentaron principalmente (28 de 37 artículos) a partir de la importancia de la estrategia empleada. En más de la mitad de estos trabajos (17) la única fundamentación empleada estuvo ligada a las potencialidades de las estrategias, lo cual será descrito en el apartado siguiente.



Figura 1. Fundamentación de la presentación de la innovación y/o investigación

También, la fundamentación estuvo basada en la importancia de la tabla periódica (11 de 37 artículos), aunque en ningún caso se empleó únicamente esta justificación. Trassi y otros (2001) sostuvieron que la tabla periódica resulta un buen ejemplo de cómo a través de la ciencia se busca sistematizar la naturaleza. En tanto, Eichler y Del Pino (2000) indicaron que el descubrimiento de la ley periódica se considera un hito sin precedentes en el desarrollo de la Química, esto puede deberse a que la ley periódica sería la ley fundamental de la Química debido a que resume el comportamiento y las propiedades de los distintos elementos (Carabelli y Farré, 2017). La tabla periódica también implica un ejemplo de cómo se relacionan la Física y la Química (Domènech-Casal, 2019). En este sentido Fialho, Vianna Filho y Schmitt (2018) han citado una metáfora en la que se compara a la Química con un árbol, cuyas raíces se relacionan con la Física y cuyo tronco está constituido por la tabla periódica desde donde se expande, ya que nuestro planeta está formado por los elementos representados en la tabla periódica. Dada estas características, la tabla periódica es reconocida como la fuente de información más sencilla y más distribuida en la Química (Carrizo, Torres y Chrobak, 2010, Kalkanis Torrealba, García Hernández, Rodríguez, 2010) constituyéndose en una herramienta muy importante (Anta Unanue, 2013) tanto para la investigación como para actividades didácticas (Ritter, da Cunha, y Stanzani, 2017). Su estudio, entonces, constituye un eje estructurante de los cursos de Química (Carrizo, Torres y Chrobak, 2010, Kalkanis Torrealba, García Hernández, Rodríguez, 2010, Perinez, Soliveres y Maturano, 2019) y a partir de él pueden enseñarse temas tales como: modelos atómicos (Eichler y Del Pino, 2000), uniones químicas, estructura de la materia, propiedades físicas, reactividad de compuestos orgánicos (Ritter, da Cunha, y Stanzani, 2017, Perinez, Soliveres y Maturano, 2019) siendo esencial en la alfabetización científica de los y las estudiantes (Fialho, Vianna Filho y Schmitt, 2018). Incluso, se puede ir más allá y la tabla periódica se puede constituir en un *"juguete cultural donde se pueden aprender nociones de arte, filología, geografía, gramática, historia, lenguas –sobre todo, el inglés–, mitología, y otras habilidades y destrezas –como el manejo de los paquetes de programas del MS Office u Open Office, Adobe Acrobat, PowerPoint y otros, así como la navegación a través de Internet"* (Román Polo, 2015, p. 247).

Otro argumento para dar cuenta de la importancia de proponer estrategias de enseñanza de la tabla periódica fue el de las dificultades que conlleva el aprendizaje del tema (11 de los 37 artículos). La dificultad mayormente señalada fue que los y las estudiantes tienden a implicarse en la ardua tarea de memorizar la información que consideran más importante, es decir, nombres, posición, características de los elementos y tendencias de las propiedades periódicas (Penteado, de Oliveira y Zacharias, 2010), muchas veces utilizando "musiquitas" y reglas nemo-

técnicas (Chacon y Robaina, 2014). Esto puede llegar a ser un calvario para ellos y ellas, pero recurren a la memoria debido a que esta información les resulta "misteriosa" (Tejada y Romero, 1994), sin significado (Anta Unanue, 2013), sin una relación significativa con su vida cotidiana (Chacon y Robaina, 2014) y por lo tanto no saben cómo utilizarla (Godoi, de Oliveira, y Codognoto, 2010) y terminan olvidándola (Saturnino, Luduvico y dos Santos, 2013). Es por esto que este contenido ha sido reconocido como uno de los de mayor dificultad en todo el mundo y en cualquier nivel de enseñanza (Freitas y dos Reis, 2014, Román Polo, 2015, Saturnino, Luduvico y dos Santos, 2013). Específicamente la comprensión de la periodicidad es uno de los aspectos más dificultosos (Perinez, Soliveres y Maturano, 2019), dado que implica un alto nivel de abstracción, porque, entre otras cosas, requiere considerar diferentes variables al mismo tiempo, aunar un criterio para ordenar los elementos y concomitantemente ser conscientes de la regularidad de las propiedades (Carabelli y Farré, 2017). En tanto, Carrizo, Torres y Chrobak (2010) indicaron que la noción de elemento es problemática, ya que se ha detectado que los y las estudiantes tienen dificultades al diferenciar elementos de sustancias y mezclas. Además, confunden las sustancias simples y materiales macroscópicos con el concepto de elemento químico que es una idealización perteneciente al nivel submicroscópico y que se representa en el nivel simbólico. El hecho de que se use el término elemento químico con dos significados, aspecto que no suele ser aclarado, complica la situación (Raviolo, 2008). Domènech-Casal (2019), agregó que los y las estudiantes de secundaria suelen no tener interés sobre el tema muchas veces por que no conocen conceptos que son necesarios para la construcción del conocimiento sobre la tabla periódica.

Finalmente y en menor medida (9 de 37 artículos) los autores eligieron para justificar la propuesta señalar las falencias de las estrategias didácticas o de presentación tradicionalmente utilizadas. Entre las críticas estuvo el hecho de que las estrategias didácticas empleadas hasta el momento promovieron de una u otra forma, la memorización (Penteado, de Oliveira y Zacharias, 2010, Romano y otros, 2017), muchas veces basándose en un enfoque conductista (Kalkanis Torrealba, García Hernández y Rodríguez, 2010) o privilegiándose aspectos teóricos tan complejos que el tema se torna abstracto (Trassi y otros, 2001) e incluso haciendo que los y las estudiantes lo rechacen (Carabelli y Farré, 2017). Otro aspecto criticado es la presentación del tema en los libros de texto editados en portugués. En ellos se omite un enfoque histórico o solamente se destaca a Mendeleev en una historia realizada por personas iluminadas o que implica una construcción del conocimiento debida al azar o el destino. Además, se utiliza un tratamiento puramente descriptivo, centrado en la distribución electrónica y en la organización por grupos, dejando en segundo plano las propiedades y las caracterís-

ticas que han servido para clasificar los elementos logrando que los y las estudiantes no comprendan la periodicidad, algo que ha sido destacado también en algunos libros editados en español (Eichler y Del Pino, 2000, Guzmán Arellano y Rosales Rivera, 1996, Perinez, Soliveres y Maturano, 2019, Ritter, da Cunha, y Stanzani, 2017).

2. Estrategias, potencialidades y representaciones de la tabla periódica

Se han empleado estrategias de diversas índoles siendo las experiencias lúdicas las que lideran la elección (21 de 37 artículos, Figura II). Cabe aclarar que en el contexto brasilero, este tipo de estrategias se recomienda en las orientaciones curriculares nacionales (Romano y otros, 2017).

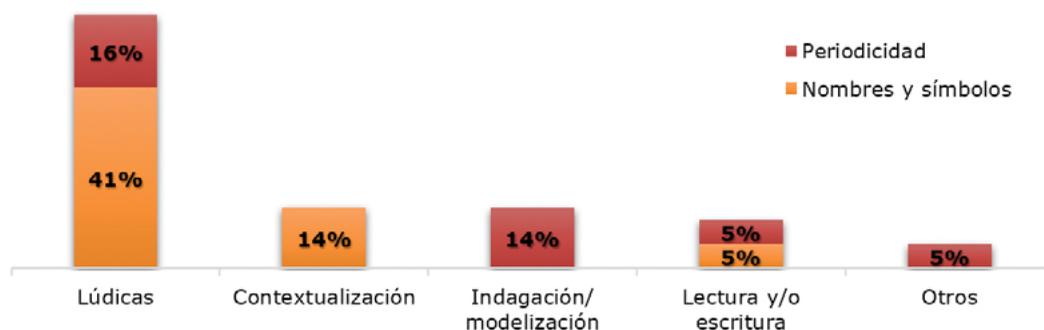


Figura 2. Frecuencia de estrategias publicadas y aprendizaje que promueven

Como se observa, el objetivo de las estrategias empleadas fue mayormente que los y las estudiantes se familiaricen con nombres y símbolos, posición en la tabla periódica de los diferentes elementos químicos, así como algunas de sus propiedades o características (23 de 37 artículos). En mucha menor medida las estrategias se han empleado para enseñar el concepto de periodicidad.

La elección de **estrategias lúdicas** se justificó en todos los casos debido a que posibilitan al mismo tiempo el aprendizaje activo y una gran motivación e interés. Esto es así porque los juegos deben tener las dos funciones bien definidas, la lúdica y la de enseñanza (Chacon y Robaina, 2014, Godoi, de Oliveira y Codognoto, 2010), siendo la primera de ellas la principal y la que define al juego (Rezende y otros, 2019). Pinheiro y otros (2015) argumentaron que los juegos constituyen una evasión de la vida real por un espacio temporal, en el que se desarrolla una actividad que tiene una orientación y orden propios, lo que los hace fascinantes y cautivantes. Un orden que se debe al conjunto de reglas que hay que seguir y que en las clases de Química pueden estar correlacionadas al contenido (de Sousa, Loja y Pires, 2018). Además, los juegos incentivan el

trabajo en equipo, exigen confrontaciones, y negociaciones, y también favorecen la interacción alumno/a-profesor/a de una forma diferente a la que se establece en una clase tradicional, desarrollándose, además de competencias cognitivas, competencias sociales y emocionales (do Nascimento, Mesquita y Corrêa, 2019, Durazzini y otros, 2018, Godoi, de Oliveira y Codognoto, 2010, Penteado, de Oliveira y Zacharias, 2010). En este sentido Silva, Nogueira y Souza (2012) sostienen que los juegos estimulan la curiosidad, la iniciativa y la autoconfianza, mejoran el desarrollo de habilidades lingüísticas, mentales y de concentración y ejercitan interacciones sociales y el trabajo en equipo. Asimismo, de Sousa, Loja y Pires (2018), indicaron que las reglas de los juegos pueden crear una zona de desarrollo próximo para que los/as alumnos/as puedan aprender nuevos conocimientos inaccesibles sin estos facilitadores del aprendizaje.

- A pesar de las posibilidades de aprendizaje que implican, la mayoría de las experiencias lúdicas fueron empleadas para que los y las estudiantes se familiaricen o recuerden aspectos de la tabla periódica. Entre ellos encontramos:
- Experiencias lúdicas en las que se arman palabras o frases con los símbolos de los elementos químicos, para realizar tarjetas (Tejada y Romero, 1994) o murales acompañados de breves historias sobre la tabla periódica y biografías de científicos (Peña Martínez, 2007) o solamente para recordar, por ejemplo, los elementos pertenecientes a un período o grupo (Román Polo, 2015)
- Sopas de letras (Tejada y Romero, 1994) y autodefinidos en los que se da la definición o alguna característica para que se escriba el nombre del elemento (Franco Mariscal, 2008)
- Bingos en los que a) se sustituye el cartón por tablas periódicas tradicionales mudas sin los elementos de transición interna y que pueden adaptarse a distintos niveles en función de que se marquen símbolos, nombres o identifiquen las casillas vacías, (Franco-Mariscal y otros, 2010), b) los cartones consisten en cuadrículas de 9 números y se sortean al mismo tiempo números y una ficha con datos sobre dónde se puede encontrar el elemento, su nombre y su símbolo y alguna incógnita a responder con la ayuda de una tabla periódica tradicional (Ferreira, 2017), c) se usa a modo de cartón una tabla periódica muda y se sortean 10 configuraciones electrónicas para cada participante marque las casillas con el símbolo y nombre del elemento que posea dicha configuración electrónica (de Sousa, Loja y Pires, 2018)
- Juegos de cartas inspirados en el juego comercial UNO al cual se le agregan cartas de preguntas y desafíos (Pinheiro y otros, 2015)

o en el que los/as jugadores/as pueden descartarse usando el color de la carta o el símbolo o el número atómico (de Alencar y otros, 2018)

- Juegos con tarjetas que se basan en el Memotest en donde una de las tarjetas a dar vuelta posee el símbolo y el nombre del elemento y la otra un ejemplo de su presencia en materiales cotidianos (Penteado, de Oliveira y Zacharias, 2010, do Nascimento, Mesquita y Corrêa, 2019), o que a partir de la lectura de una tarjeta en la que se incluyen curiosidades y pistas sobre los elementos, los/as jugadores/as deben indicar de qué elemento se trata (Romano y otros, 2017)
- Otros tipos de juegos, ya sea a) inspirados en el Sudoku que en las casillas deben acomodarse los símbolos de los elementos cuyo Z va del 1 al 9 (Silva, Nogueira y Souza, 2012), b) que se juegan en computadora y cuyo objetivo, en una primera fase es dar vida al cuerpo humano a partir de localizar los elementos en la tabla periódica que están presente en los seres humanos, y en la segunda, se responden preguntas con distintos niveles de dificultad sobre la ubicación de un elemento en la tabla periódica, sobre las propiedades periódicas o las más difíciles sobre su papel en el organismo (Chacon y Robaina, 2014), c) un dominó que se utiliza para introducir el tema de uniones químicas al mismo tiempo que los y las estudiantes continúan familiarizándose con los símbolos y nombres de los elementos (Durazzini y otros, 2018), o d) de mesa similares al Juego de la Oca, en el que se sigue un camino con los obstáculos habituales de un juego de este tipo como perder un turno pero además con preguntas sobre la distribución electrónica de los elementos, por ejemplo (do Nascimento, Mesquita y Corrêa, 2019).

Las pocas estrategias lúdicas que tuvieron como objetivo el aprendizaje de la periodicidad química consistieron también en juegos de cartas (Godoi, de Oliveira y Codognoto, 2010, Saturnino, Luduvico y dos Santos, 2013), de mesa (Carabelli y Farré, 2017, Rezende y otros, 2019). Entre las otras propuestas encontramos una inspirada en el mundial de fútbol de Brasil 2014 (Franco-Mariscal, 2014) y otra que implicaba construcción de juegos por parte de los y las estudiantes (Anta Unanue, 2013). La diferencia entre los juegos de cartas utilizados para la enseñanza de la periodicidad y los anteriores empleados para familiarizarse con nombres y símbolos, está en que en este caso para ganar el juego los/as jugadores/as deben conocer la forma en que varían las propiedades (Godoi, de Olivera y Cadognoto, 2010), o debe entenderse lo que sucede con los electrones de valencia de los elementos de los bloques s y p en un grupo o en un período (Saturnino, Luduvico y dos Santos, 2013).

O sea, la estrategia que deben establecer para ganar el juego implica de alguna manera el conocimiento de la periodicidad química. En el caso de los juegos de mesa, específicamente las distintas versiones de juego presentadas por Carabelli y Farré (2017) sirvieron como excusa para recolectar información de los elementos de la tabla periódica tradicional o de aplicaciones de tablas periódicas que pueden bajarse a los celulares. Dicha información luego fue sistematizada mediante un cuestionario con el cual se construye conocimiento sobre la periodicidad. Mientras que, en la propuesta de Rezende y otros (2019), los y las estudiantes además de empezar a familiarizarse sobre la variación de una propiedad periódica específica como es el radio atómico mediante la resolución de un rompecabezas, al jugar después el juego de mesa en las primeras jugadas los y las estudiantes pueden “comprar” información que puede servirles para responder preguntas que aparecen en el transcurso del juego. En tanto, en el juego inspirado en el mundial de fútbol de 2014 (Franco-Mariscal, 2014) se desarrollaron varias etapas emulando las fases del mundial y en ellas se van aprendiendo contenidos de creciente dificultad: primero símbolos de elementos, luego números atómicos y después la distribución electrónica y propiedades físicas y químicas. Recién en las semifinales se trabaja con la periodicidad y en la final se ubican los elementos en la tabla periódica y se busca información sobre la presencia de los elementos en la vida diaria.

Cabe señalar que solamente dos de las estrategias lúdicas, que tuvieron como objetivo el aprendizaje de la periodicidad, fueron las únicas del total de estrategias que utilizaron explícitamente tablas periódicas diferentes a la tradicional. En el caso de Carabelli y Farré (2017) se emplearon diferentes representaciones que hacían las veces de tablero. En la propuesta de Anta Unanue (2013) los y las estudiantes además de diseñar su propio juego, también debían diseñar su propia tabla periódica y así trabajaron con tablas en dos y tres dimensiones.

Otro punto importante a destacar es el hecho de que más de la mitad de los artículos (13 de 21) en los que se relatan experiencias lúdicas, los juegos fueron empleados para enseñar. Es decir, pueden ser considerados como juegos educativos, ya que se aplican sin que se haya trabajado el contenido por medio ninguna otra metodología (Rezende y otros, 2019). Este tipo de juegos se usaron en mayor proporción para la enseñanza de la periodicidad (4 de 5 artículos) que para familiarizar a los y las estudiantes con la tabla periódica (9 de 15 artículos). El resto de los juegos presentados pueden ser clasificados como didácticos, debido a que se los utilizó como modo de aplicación y/o evaluación de los contenidos trabajados con otras estrategias.

Entre las otras formas de enseñanza se ha utilizado con igual frecuencia la **contextualización** y la **modelización y/o indagación**. Sin embar-

go, mientras que la primera se empleó principalmente para familiarizar a los y las estudiantes con la tabla periódica, las otras tenían como propósito enseñar la periodicidad química.

En los artículos cuyos autores indicaron que la estrategia empleada consistió en **contextualizar** la enseñanza de la tabla periódica lo hicieron porque consideraron que la enseñanza debe presentar los contenidos de forma más significativa para los/as alumnos/as. Para que puedan comprender que la Química como actividad científica de hombres y mujeres está presente mucho más allá de la clase, en la vida cotidiana, y para asegurar la alfabetización científica (Carrizo, Torres y Chrobak, 2010, da Silva y otros, 2015, Freitas y dos Reis, 2014, Trassi y otros, 2001).

A diferencia de las estrategias lúdicas en las que generalmente no se emplearon recursos tecnológicos en la mayoría de estas experiencias sí se los utilizó. Así Trassi y otros (2001) propusieron a los y las estudiantes buscar información sobre los elementos para su contextualización histórica, alternativamente en libros de texto y en una tabla periódica interactiva. Carrizo, Torres y Chrobak (2010), por su parte, emplearon videos educativos y audios de programas radiales que fueron disparadores para la elección por parte de los y las estudiantes de elementos sobre los cuales profundizar la búsqueda de información a través de Internet y otros medios para contextualizarlos históricamente y por su presencia en la vida cotidiana, información que luego debía ser presentada con diferentes formatos. En la estrategia presentada por da Silva y otros (2015) se trabajó con la película *Ironman II*, por abordar de forma contextualizada temáticas como modelos atómicos, características de determinados elementos químicos, creación de nuevas tecnologías, la política, la ética y los compromisos sociales relacionados con las ciencias. Adelantado-Renau y Aguilera-Arzo (2017) propusieron una estrategia en la que se emplean los *smartphones* para crear una audio-tabla. La actividad se realizaba en grupos y en un primer momento debían utilizar el celular para buscar información en Internet y en aplicaciones de tabla periódica, luego debían grabar audios con la información de cada uno de los elementos y compartirla por *WhatsApp* y después crear códigos QR para cada uno de los audios que también se compartían por *WhatsApp*, y finalmente cada grupo debía realizar el montaje de su propia audio-tabla en una computadora.

En síntesis las estrategias de contextualización, en su mayoría consistieron en la búsqueda de información sobre los elementos. En este sentido el único trabajo que no recurrió a la tecnología, tampoco constituyó una excepción. Freitas y dos Reis (2014) a partir de la información recabada en libros y revistas construyeron una gran representación tradicional de la tabla periódica en las paredes del salón. Otra característica común de todas estas estrategias es que la representación de la tabla empleada

es la tradicional.

Considerando ahora las estrategias de **modelización**, las mismas fueron elegidas porque "*modelizar permite a el/la alumno/a visualizar conceptos abstractos al crear estructuras, por medio de las cuales explorar el objeto de estudio, testear los modelos creados y construir conocimientos más flexibles y abarcativos*"¹ (Gama y Venâncio, 2015, p. 23). En tanto se optó por la **indagación** porque posibilita "*trabajar además la autonomía y las capacidades de los estudiantes para tomar decisiones por medio de la reflexión, la evaluación, la resolución de problemas y el uso de conceptos y de teorías científicas*"¹ (Ritter, da Cunha y Stanzani, 2017, p. 367). Domènech-Casal (2019), quien presentó una propuesta que integra ambas estrategias, indicó además que la indagación ha sido propuesta para que los/as alumnos/as desarrollen la competencia científica al participar en primera persona de actividades investigativas, aunque algunos científicos dudan de esta posibilidad de construir la capacidad epistémica. Sin embargo, la indagación conjuntamente con el aprendizaje basado en proyectos que lleve a la modelización podrían solucionar estas falencias. Además, tanto en este último caso, como en los casos de Guzmán Arellano y Rosales Rivera (1996) y Eichler y Del Pino (2000), explícitamente se sostuvo que la propuesta estaba basada en la historia de la clasificación periódica. Por último, una característica común de todas estas propuestas es que no emplearon la tabla periódica tradicional aunque los/as alumnos/as se pudieran ver influenciados por la misma.

En la mayoría de estas propuestas los y las estudiantes trabajaron con tarjetas o algún objeto que contuviera datos y características sobre algunos elementos y que debían ordenar. En el caso de Guzmán Arellano y Rosales Rivera (1996) se planteó el trabajo con los elementos conocidos en la época de Mendeléiev y se los ordenaba en diferentes tablas publicadas por este autor. En los trabajos de Gama y Venâncio (2015) y de Ritter, da Cunha y Stanzani (2017) después de que los y las estudiantes hubieran tenido una clase introductoria sobre el tema, trabajaban en grupos y a cada uno de ellos se les asignaba diferentes elementos los cuales debían ser organizados de alguna forma en función de algún criterio explícito. La diferencia entre estas dos experiencias estuvo en que Ritter, da Cunha y Stanzani (2017), después de la introducción del tema se realizó también una actividad que permitía a los y las estudiantes reflexionar sobre formas posibles de organización de un material cualquiera (en este caso figuras de distintos colores y tamaños pero que se repiten en las formas) para después transferir esa idea al caso de los elementos de la tabla periódica. Aparte, luego del ordenamiento se realizaron preguntas metacognitivas para relacionar las actividades y lo realizado en la historia de la construcción de la tabla periódica. La

1 La traducción es nuestra.

otra experiencia que también trabaja con tarjetas fue la de Domènech-Casal (2019), pero en este caso los nombres de los elementos fueron ficticios y los y las estudiantes debían: a) descubrir qué significaban cada una de las informaciones que aparecían en las tarjetas. b) encontrar un modo lógico de ordenar las tarjetas, y c) descubrir qué tarjetas faltaban y qué información deberían contener. Las tarjetas se entregaron paulatinamente y las sesiones de investigación y resolución de las consignas se intercalaron con sesiones explicativas y de ejercicios y los y las estudiantes debían encontrar las relaciones entre ambos tipos de sesiones. El nivel de complejidad para la resolución de las consignas fue en aumento en cada etapa, siguiendo el proceso histórico. Finalmente, los/as alumnos/ debían presentar sus propuestas y conclusiones en un congreso científico escolar (emulando al Congreso de Karlsruhe).

A diferencia de las anteriores, la propuesta de Eichler y Del Pino (2000) presentó un software que permitía relacionar y ordenar los elementos según sus propiedades. Además, se podía graficar la dependencia de alguna propiedad en función del número atómico, analizando la periodicidad de las propiedades. Así, en este caso, los autores indicaron que este recurso servía para discutir los aportes realizados por Meyer en la construcción de la idea de periodicidad química.

Tomando la **lectura** como estrategia, la misma fue empleada por la potencialidad que tiene la literatura para enseñar otros saberes a partir de ella (Kalkanis Torrealba, García Hernández y Rodríguez, 2010). Alternativamente, porque a partir de ella los individuos pueden acceder a diversidad de medios sociales y además encontrar sentido a lo que se ve, oye o siente, es decir, debido a que puede mediar entre los sentidos y la cognición (Francisco y Francisco Jr., 2013). También porque es importante que desde las distintas asignaturas se promueva la comprensión lectora a partir de los textos específicos del área cada asignatura (Perínez, Soliveres y Maturano, 2019). En tanto, la **escritura** se consideró en relación a la lectura para reescribir el mundo (Francisco y Francisco Jr., 2013) o porque puede ser un modo de acercar los saberes cotidianos al conocimiento científico (Leão y otros, 2014).

Tanto la lectura como la escritura fueron empleadas para que los estudiantes se familiaricen con los elementos y la tabla periódica, así como para que construyan ideas relacionadas a la periodicidad. Por ejemplo, la lectura de cuentos, a veces inspirados en canciones, en los que se humanizan los elementos (Kalkanis Torrealba, García Hernández y Rodríguez, 2010) o la escritura canciones o parodias luego de la presentación del tema tabla periódica (Leão y otros, 2014) han sido del agrado de los y las estudiantes y sirvieron para que recuerden aspectos esenciales del tema. En forma diferente, la lectura de cuentos pertenecientes al libro de divulgación *El Tío Tungsteno* de Oliver Sacks, sirvió para resignificar

y escribir lo que se visualiza en videos sobre propiedades químicas de elementos alcalinos. Esto conjuntamente con la intervención del docente pudo ayudar a los/as alumnos/as a proponer explicaciones escritas en función de las propiedades periódicas de los elementos (Francisco y Francisco Jr., 2013). Del mismo modo, con textos de distintos géneros (recuento histórico e informes descriptivos) pertenecientes libros de la asignatura y actividades de prelectura, lectura y poslectura, los y las estudiantes pudieron comprender el ordenamiento de los elementos en la tabla periódica, las propiedades de los mismos y la periodicidad química y mejorar su rendimiento académico (Perinez, Soliveres y Maturano, 2019). Cabe aclarar que en todos estos trabajos o no se hace mención sobre la representación de la tabla periódica o se visualizan tablas periódicas tradicionales.

Finalmente, dentro de los trabajos analizados, existieron dos que no pudieron ser incluidos en las estrategias descritas más arriba. En ambos el objetivo de aprendizaje fue la construcción del concepto de periodicidad y se trabajó con la tabla periódica tradicional. Uno de ellos consistió en que los/as alumnos/as, que estaban familiarizados ya con los nombres y símbolos de los elementos, a partir de un cuestionario pudieran entender la periodicidad por medio de una **analogía** entre la tabla periódica tradicional y un calendario (Oliva, 2010). El otro, se presentó una secuencia en la que se utilizaron **mapas conceptuales**, y a medida que se fue trabajando con el tema los y las estudiantes fueron construyendo sus mapas primero en forma colaborativa, luego cada uno sólo/a y por último se les da un mapa para que completen en parejas algunos nexos y/o conceptos, mediante el cual se los evaluó aunque al mismo tiempo construyeron conocimientos sobre la tabla periódica y su organización (Fialho, Vianna Filho y Schmitt, 2018).

3.Propuestas e intervenciones

De los trabajos analizados solamente siete fueron propuestas de estrategias que no habían sido llevadas a cabo con alumnos/as. Entre ellas, cuatro corresponden a estrategias lúdicas las cuales fueron empleadas para que los y las estudiantes se familiaricen con el tema². Entre las restantes:

Diez de las propuestas (6 de ellas estrategias lúdicas para familiarizarse con el tema) fueron evaluadas a través de la observación de la experiencia o el diario del o de la docente y/o cuestionarios o entrevistas respondidos por los y las estudiantes con el objetivo de conocer el grado de satisfacción y/o motivación que produjo la estrategia (o el recurso empleado en ella). En cinco de ellas además se les preguntó a los/as alumnos/as en qué medida la propuesta había ayudado al aprendizaje.

² Se detallan cuantas propuestas corresponden a las estrategias lúdicas ya que estas estrategias fueron las más elegidas.

Cuatro propuestas (1 lúdica para enseñar la periodicidad) fueron evaluadas de acuerdo al rendimiento de los y las estudiantes frente a una prueba, o comparando con un grupo control. En dos de ellas también se evaluó su satisfacción por medio de entrevistas u observaciones y cuestionarios en cuanto a si la estrategia era del agrado del alumnado y además sobre la percepción sobre su aprendizaje.

En siete trabajos la evaluación consistió en dar cuenta de los saberes adquiridos a partir de la aplicación de la estrategia, que en seis de ellos se trató de una estrategia lúdica (3 para familiarizarse y 3 para enseñar la periodicidad). Esto se lo investigó utilizando cuestionarios luego de la intervención o como pre y postest, cuantificando las actividades resueltas en la intervención o mediante observación directa y entrevistando a los y las docentes. También en cinco de estos trabajos se evaluó la satisfacción del alumnado con respecto a la intervención.

En nueve trabajos (4 correspondientes a estrategias lúdicas, 2 para la familiarización y 2 para ayudar a construir la idea de periodicidad) la estrategia se evaluó analizando la forma en que se construyen los conocimientos a partir de la estrategia aplicada. Esta evaluación se realizó mediante observaciones, teniendo en cuenta los diarios de los y las docentes, analizando las producciones de los y las estudiantes. Una vez más, en seis de estos trabajos se analizó la satisfacción del alumnado con respecto a la propuesta.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS PARA LA INVESTIGACIÓN

Esta revisión no tuvo un fin evaluativo, sino más bien descriptivo. Así, no se abrió juicio de valor sobre los distintos tipos de propuestas presentados en este artículo. En esta línea, si bien ninguna clasificación es pura, es decir, que los criterios pueden ser discutidos, nosotros tomamos la decisión de que la clasificación de las estrategias surgiera mayormente de lo que los mismos autores de los artículos habían definido.

En general pudimos observar que en las propuestas se priorizó la participación activa del estudiantado favoreciéndose entonces la motivación. Dentro de las estrategias, las lúdicas fueron las más elegidas. Las mismas fueron mayormente empleadas para promover la familiarización con símbolos, nombres, posición en la tabla y alguna propiedad o característica de los elementos. Además, en más de la mitad de estas propuestas se utilizaron juegos educativos, para que dicha familiarización se produzca en el momento del juego y no juegos didácticos, es decir, como actividad de cierre o síntesis o evaluativa.

A pesar de esta profusión de experiencias lúdicas, las propuestas cuyo propósito fue construir la idea de periodicidad estuvieron relacionadas en proporción más con otro tipo de estrategias. Entre ellas, son de destacar

las clasificadas como indagación y/o modelización, que no sólo propiciaron otros aprendizajes que han sido descriptos como más difíciles de construir, sino porque al hacer que los y las estudiantes construyan los criterios de organización se pudieron lograr, en algunos casos, representaciones alternativas a la tabla periódica tradicional. En esta línea, solamente en dos propuestas lúdicas con las que también se intentaba construir la idea de periodicidad, se utilizó o se propició que los alumnos construyeran otros tipos de representaciones de la ley periódica.

Además, aunque el porcentaje de propuestas lúdicas fue superior a las otras estrategias, la indagación de la forma en que se construyen los aprendizajes fue escasa en este caso en proporción a la implementación de otras estrategias. Más aún, en más de la mitad de este tipo de propuestas, o la misma no fue llevada a cabo o si fue llevada a cabo su evaluación se hizo por la satisfacción de los y las estudiantes y/o por el rendimiento.

Para finalizar entonces, a partir de esta revisión se puede sostener que deberían evaluarse más propuestas diferentes a las lúdicas. Incluso, que en el caso de que sean lúdicas que lleven a la construcción de conocimientos de mayor complejidad conceptual y que utilicen diferentes representaciones a la tradicional. Por último, y quizás lo más importante, que las evaluaciones de estas estrategias se realicen para identificar los tipos de saberes que se construyen y la forma en que estos saberes son construidos al aplicar la estrategia. Seguramente, no se debe dejar de lado la satisfacción de los y las estudiantes, pero no debería ser la única forma de evaluarlo, así como tampoco centrarse en el rendimiento, ya que no es un índice que pueda dar cuenta real de los aprendizajes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anijovich, R. y Mora, S. (2010). *Estrategias de enseñanza: Otra mirada al quehacer en el aula*. (1a ed. la reimp.) Buenos Aires: Aique Grupo Editor.

Bensaude-Vincent, B. (2001). Graphic representations of the periodic system of chemical elements. En: U. Klein (ed.), *Tools and Modes of Representation in the Laboratory Sciences* (pp. 133-161). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, Holanda.

Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., y Bernal-Márquez, S. (2012a). Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos: Primera parte: los juegos al servicio del conocimiento de la Tabla Periódica. *Educación química*, 23(3), 338-345. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30118-0](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30118-0)

Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., y Bernal-Márquez, S.

- (2012b). Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos: Segunda parte: los juegos al servicio de la comprensión y uso de la tabla periódica. *Educación química*, 23(4), 474-481. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30135-0](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30135-0)
- Leite, B. (2019). O ano internacional da tabela periódica e o ensino de química: Das cartas ao digital. *Química Nova*, 42(6), 702-710. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170359>
- Linares, R. e Izquierdo, M. (2007). La tabla periódica en el Journal of Chemical Education a través del siglo XX. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 21, 7-23. DOI: <https://doi.org/10.17227/ted.num21-354>
- Naciones Unidas (2017). Globalización e interdependencia: ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo. Informe de la Segunda Comisión. *Septuagésimo segundo período de sesiones*. Recuperado el 2 de julio de 2019, de: <https://undocs.org/es/A/72/422/Add.2>
- Ramos, L. W. C., Borges, L. C. S., Ghiraldi, T. A. y Stuart Jr., J. B. (2018). Levantamento bibliográfico de trabalhos apresentados no ENEQ e ENPEC com a temática tabela periódica. *ACTIO: Docência em Ciências*, 3(1), 1-18. DOI: 10.3895/actio.v3n1.6833
- Raviolo, A. (2008). Definiciones básicas de la química: una discusión didáctica. II. Elemento, sustancia elemental y compuesto. *Educación en la Química*, 14(2), 77-89.
- Scerri, E. (2008). El pasado y el futuro de la tabla periódica: Este fiel símbolo del campo de la química siempre encara el escrutinio y el debate. *Educación química*, 19(3), 234-241. Recuperado el 2 de julio de 2019, de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2008000300012&lng=es&tyng=es.

ANEXO

Artículos revisados

Autores	Año	Revista	DOI o Recuperado de
Tejada, S. y Romero, M.	1994	Educación Química	http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.1994.3
Guzmán Arellano, L. M. y Rosales Rivera, G. C. R.	1996	Educación Química	http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.1996.3
Eichler, M. y Del Pino, J.	2000	Química Nova	http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol-23No6_835_18.pdf
Trassi, R. C. M., Castellani, A. M., Gonçalves, J. E. y Toledo, E. A.	2001	Acta Scientiarum	https://doi.org/10.4025/actas-citechnol.v23i0.2757
Peña Martínez, M.	2007	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3794
Franco-Mariscal, A.	2008	Educación Química	http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2008.1.25763
Carrizo, M. A., Torres, V. y Chrobak, R.	2010	Educación en la Química	http://www.adeqra.com.ar/index.php/institucional/numeros-antiores/123-vol-16-nd-1-2010
Franco-Mariscal, A. J., Tomás-Serrano, A., Jara-Cano, V. y Ortiz-Tudela, F. J.	2010	Educación Química	http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30076-4
Godoi, T., de Oliveira, H. y Codognoto, L	2010	Química Nova na Escola	http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32_1/05-EA-0509.pdf
Kalkanis Torrealba, A., García Hernández, J. J. y Rodríguez, D.	2010	Revista Ciencias de la Educación	http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/index.htm
Oliva, J. M.	2010	Educació Química	https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000108/00000028.pdf
Penteado, M., de Oliveira, A. y Zacharias, F.	2010	Revista Ciências y Idéias	https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/viewFile/59/90

Silva, C. K O, Nogueira, J. P. A, Souza, H. Y. S	2012	Periódico Tchê Química	http://www.deboni.he.com.br/Periodico17.pdf
Anta Unanue, A.	2013	Educació Química	https://publicacions.iec.cat/Front/repository/pdf/00000202/00000015.pdf
Francisco, W. y Francisco Jr., W.	2013	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4261/2826
Saturnino, J. , Luduvico, I. y dos Santos, L.	2013	Química Nova na Escola	http://www.lcq.caf.ufv.br/wp-content/uploads/2017/07/Poquer-Joyce.pdf
Chacon, E. P. y Robaina, N. F.	2014	Revista Amazônica de Ensino de Ciências- Areté (Manaus)	http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/110
Franco-Mariscal, A.	2014	Educación Química	http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70568-3
Freitas, L. y dos Reis, W.	2014	Revista Iniciação y Formación Docente	http://seer.uftm.edu.br/revista-eletronica/index.php/revista-gedeles/article/view/852
Leão, M., Costa, M., Oliveira, E. y Del Pino, J.	2014	Revista Educação, Cultura e Sociedade	http://sinop.unemat.br/projetos/revista/index.php/educacao/article/view/1454/1576
da Silva, S., da Silva, V., Soares, A. y Kortmann, G.	2015	Revista Educação, Ciência e Cultura	http://dx.doi.org/10.18316/2236-6377.15.10
Gama, M. y Venâncio, C.	2015	Revista Brasileira de Ensino de Ciências Naturais	https://paginas.uepa.br/seer/index.php/rbecn/article/view/477
Pinheiro, I., Souza, A., Moreira, E., Bertini, L., Fernandes, P. y Alves, L.	2015	Holos	10.15628/holos.2015.3647
Román Polo, P.	2015	Anales de Química	http://gestion.analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/776/0
Adelantado-Renau, M. y Aguilera-Arzo, M.	2017	Quaderns Digitals. Revista de Nuevas Tecnologías y Sociedad	http://www.quaderns-digitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualizararticulo_id=11472

Carabelli, P. y Farré, A. S.	2017	Educación en la Química	http://www.adeqra.com.ar/index.php/institucional/numeros-antiores/710-vol-23-n-1-y-2-2017
Ferreira, L. E. A. C.	2017	Revista Eletrônica Mutações	http://www.periodicos.ufam.edu.br/relem/article/view/3584
Ritter, O., da Cunha, M. y Stanzani, E.	2017	ACTIO. Docência em Ciências	10.3895/actio.v2n1.6782
Romano, C., Carvalho, A., Mattano, I., Chaves, M. y Antoniassi, J.	2017	Revista Virtual de Química	10.21577/1984-6835.20170072
de Alencar, F. V. S., da Silva, A. F., da Silva, L. M. y de Carvalho, R. B. F.	2018	Periódico Tchê Química	http://www.deboni.he.com.br/Periodico29.pdf
de Sousa, L. C. M., Loja, L. F. B. y Pires, D. A. T.	2018	Revista Thema	http://dx.doi.org/10.15536/thema.15.2018.1277-1293.1044
Durazzini, S., Machado, C., Reis, A. y Jambasse, C.	2018	REDEQUIM - Revista Debates em Ensino de Química	http://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1975
Fialho, N., Vianna Filho, R. y Schmitt, M. R.	2018	Química Nova na Escola	http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160119
do Nascimento, E. C. S., Mesquita, D. W. O. y Corrêa, G. M.	2019	Scientia Amazonia	http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2019/08/v-8-n.2-C19-C27-2019.pdf
Domènech-Casal, J.	2019	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1201
Rezende, F. A. M., Carvalho, C. V. M. Gontijo, L. C. y Soares, M. H. F. B.	2019	Química Nova na Escola	http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160149
Perinez, C., Soliveres, M. A. y Maturano, C. I.	2019	Educación en la Química	http://www.adeqra.com.ar/index.php/institucional/revista/separatas/759-vol-25-1-2019-pp49-62

LA TABLA DE LA ESCASEZ. UNA POSIBILIDAD PARA EL ABORDAJE EN EL ESTUDIO DE LA TABLA PERIÓDICA

Germán Hugo Sánchez^{1,2}, Adriana Emilia Ortolani¹ y Héctor Santiago Odetti¹

1-Universidad Nacional del Litoral (UNL), Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB) - Santa Fe.

2-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: gsanchez@fbc.unl.edu.ar

Resumen. Este trabajo presenta una tabla periódica realizada por la Asociación de Química Europea donde se representan la abundancia de elementos químicos y su eventual escasez si se continuaran usando en la forma en la que lo hacemos en la actualidad. Se presentan las consideraciones realizadas en su construcción y algunas ideas para ser llevadas al aula.

Palabras clave: Tabla periódica, Elementos químicos, Escasez, Sostenibilidad, Cuestiones Sociocientíficas.

Scarcity table. A possibility for the study of periodic table.

Abstract. This work presents a periodic table made by the European Chemical Society where are represented the availability and scarcity of chemical elements. Considerations made in its construction and some ideas for the science classroom are presented.

Key words: Periodic table, Chemical Elements, Scarcity, Sustainability, Socioscientific Issues.

INTRODUCCIÓN

A modo de homenaje por el 150 aniversario de la creación de la tabla periódica, la Sociedad Europea de Química (EuChemS – European Chemistry Society) realizó una tabla periódica diferente a la que estamos acostumbrados a ver.

Poniendo atención en la abundancia de los elementos químicos en nuestro Mundo y en su potencial escasez (siempre que se sigan utilizando de la manera en la que hacemos uso de las sustancias), desde la EuChemS modificaron la tabla periódica tradicional para construir un potente recurso didáctico (Figura 1).

Esta tabla periódica, lejos de ser solo una publicación pintoresca, puede permitirnos a los educadores de la química diferentes posibilidades y abordajes en el aula de ciencias. Además, dado que en su construcción sus creadores han puesto empeño y dedicación, al igual que la tabla periódica de Mendeleev “esconde” información (como que cada período corresponde a cómo los electrones van formando capas energéticas), la tabla de la EuChemS tiene diferentes aspectos que valen la pena leer y

por qué no, ser trabajados en el aula.

UNA TABLA PERIÓDICA DE LA ABUNDANCIA Y LA ESCASEZ DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

En la Figura 1 se reproduce la tabla periódica que ha construido la *EuChemS* por el año internacional de la tabla periódica, la misma se encuentra disponible en diferentes idiomas en la página web de la Sociedad. En el mismo sitio web se presenta un documento en donde se indican las consideraciones tenidas en cuenta en su construcción, así como también algunas recomendaciones para su uso en la enseñanza de la química.

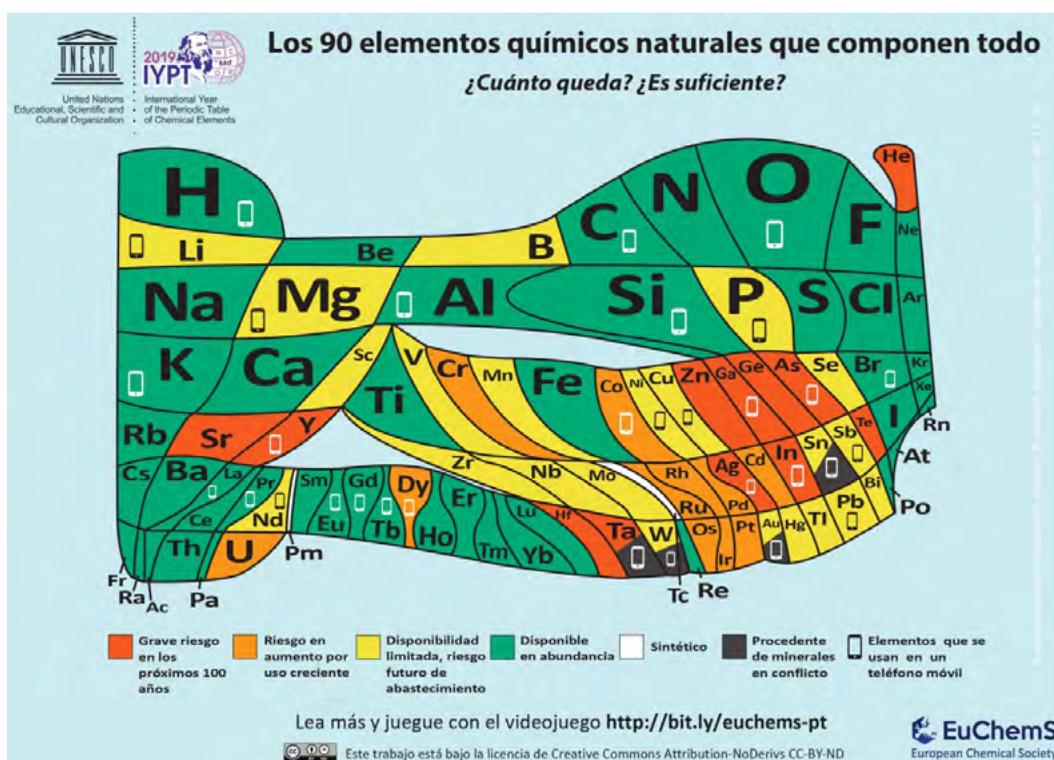


Figura 1: Tabla periódica de los elementos químicos realizada por la Sociedad Química Europea, versión en español. Recuperada de: <https://www.euchems.eu/euchems-periodic-table/>

Dado que tales consideraciones solo se encuentran publicadas en inglés, se realiza una libre selección y traducción de la información allí contenida. (disponible en inglés en: <https://www.euchems.eu/euchems-periodic-table/>)

A continuación, se enuncian diferentes características que allí aparecen.

- Área destinada a cada elemento: Las áreas ocupadas por cada elemento se corresponden a la cantidad de átomos presentes en la Tierra de cada uno de ellos, siguiendo una escala logarítmica. A considerar: las áreas de cada elemento son aproximadas, y para aquellos elementos menos abundantes y los sintéticos han sido exageradas, de no hacerse, desaparecerían de la representación en comparación con los otros. Ellos son: Tecnecio (Tc), Prometio (Pm), Polonio (Po), Astatio (At), Radon (Rn), Francio (Fr), Radio (Ra), Actinio (Ac) y Protactinium (Pa).
- Número de elementos presentes: Si bien, la tabla es titulada como "los 90 elementos que componen todo", en realidad se han representado 92. El Tc y el Pm, coloreados de blanco, no son incluidos en el conteo final, dado a que son radioactivos y en su mayoría fueron obtenidos sintéticamente (aunque se han encontrado cantidades de Tc en la naturaleza).
- Los elementos desde el número atómico 93 al 118 (a partir del Uranio) fueron excluidos de la tabla por no haberse encontrado en la naturaleza y fueron sintetizados en el laboratorio por el ser humano. (Preguntas disparadoras interesantes para trabajar en el aula de química: ¿en qué épocas fueron sintetizados cada uno de estos elementos?, ¿todos poseen nombre? De hecho, en el último tiempo, varios de ellos han sido retratados en noticias de divulgación en los principales medios periodísticos de nuestro país. ¿Podés encontrar alguna explicación sobre por qué hay más Uranio y Torio que otros elementos a su alrededor?).
- Estructura: a diferencia de la tabla de Mendeleev, no hay huecos entre el Berilio y el Boro, así como tampoco entre el Magnesio y el Aluminio. Además, se ubicaron a los lantánidos en su lugar correspondiente (entre el Lantánido y el Hafnio).
- Disponibilidad: Los elementos fueron codificados para ilustrar que en algunos casos los estamos consumiendo muy rápido, y si los seguimos utilizando de la misma manera agotaremos sus reservorios naturales (siempre que no encontremos forma de reciclarlos). Ahora bien, es importante destacar que no nos quedamos sin elementos, sino que los dispersamos y se vuelven cada vez más difíciles de reutilizar. El Helio sin embargo, al ser un gas con una densidad muy baja, cuando se libera a la atmósfera se pierde en el espacio, por lo que no debería permitirse su uso para el inflado de globos. (Aquí surgen algunas preguntas interesantes: ¿qué elementos están en riesgo si los seguimos utilizando de la misma manera? ¿conocés algún uso

habitual para alguno de ellos? ¿Qué sucede con los elementos una vez que los utilizamos? ¿Dónde terminan luego de su uso, realmente se gastan?). La Sociedad Química Americana (ACS, siglas en inglés de *American Chemical Society*) hace un tiempo realizó una tabla periódica donde codificó por colores los elementos en riesgo (figura 2) en la cual se basó la *EuChemS* para realizar su tabla.

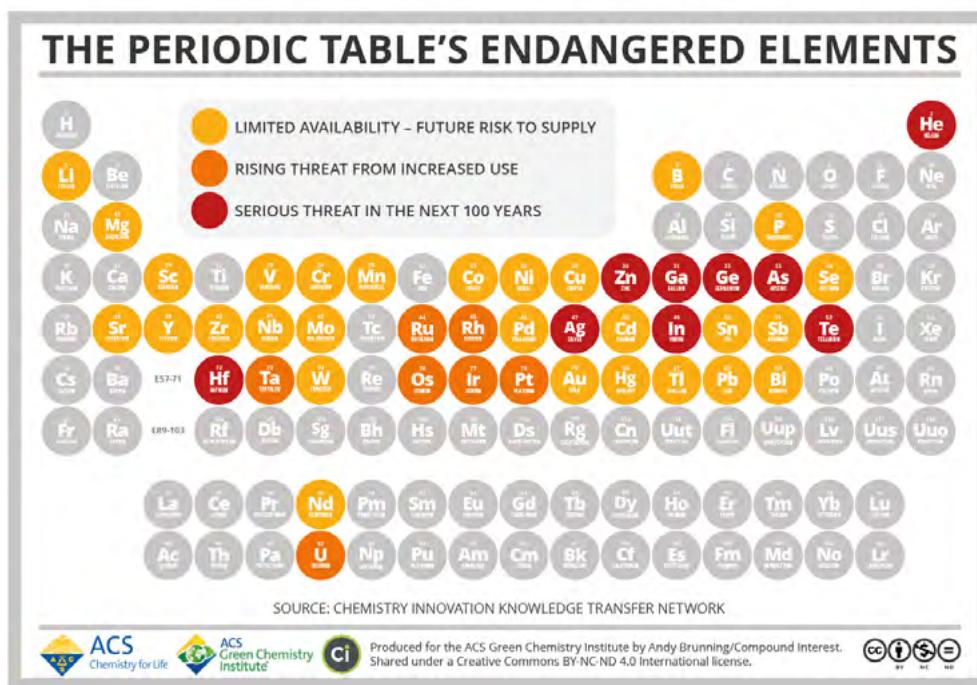


Figura 2: Tabla periódica de los elementos en peligro. Realizada por la American Chemical Society. Los colores representan el riesgo de acabar con los recursos naturales de los elementos: Amarillo (disponibilidad limitada – futuro riesgo), Naranja (riesgo aumentado por su uso), Rojo (riesgo elevado en los próximos cien años). Recuperada de: <https://www.compoundchem.com/2015/08/19/endangered-elements/>

- Minerales en conflicto: además de los colores según su disponibilidad, se agregó el color negro para indicar qué elementos provienen de países donde existen actualmente conflictos bélicos que atañen a su extracción. Los minerales que contienen Sn, Ta, W y Au son mayoritariamente extraídos de países en conflicto. El Cobalto, también suele provenir de áreas en conflicto, es habitualmente extraído por niños en condiciones horribles. (Surge interesante entonces trabajar en el aula la trazabilidad de los elementos, desde su origen hasta su comercialización y posterior descarte).
- Smartphones: Aquellos elementos utilizados en la producción de teléfonos inteligentes, así como computadoras portátiles, fueron

marcados con un símbolo abajo a la izquierda de cada elemento. De los 31 elementos utilizados en su fabricación, 17 podrían darnos un dolor de cabeza en el futuro cercano. Teniendo en cuenta la cantidad de teléfonos que se consumen anualmente y el tiempo en el cual le damos utilidad surge una problemática que el ser humano deberá resolver.

ESCASEZ Y SOSTENIBILIDAD. UN DESAFÍO A SER ENSEÑADO

Teniendo en cuenta lo expresado, esta temática se puede abordar desde una perspectiva de Controversias Socio científicas (Zeidler y Nichols, 2009), donde los estudiantes tengan que tomar decisiones sobre su estar en el mundo a través del estudio de cuestiones científicas utilizando como dispositivo disparador la controversia social (Herman, Sadler, Zeidler y Newton, 2018). En este caso la cuestión socio científica podría ser abordada considerando la escasez y disponibilidad de sustancias en la fabricación de celulares inteligentes y nuestra posición frente a su consumo.

En este sentido, la problemática propuesta y su trabajo en el aula atiende a uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Organización de Naciones Unidas en su Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2018) (figura 3).



Figura 3: Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas.

El ODS número 12 es nombrado "Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles" y consiste "en fomentar el uso eficiente de los recursos y la eficiencia energética, infraestructuras sostenibles y facilitar el acceso a los servicios básicos, empleos ecológicos y decentes, y una mejor calidad de vida para todos. Su aplicación ayuda a lograr los planes generales de desarrollo, reducir los futuros costos económicos, ambientales y sociales, aumentar la competitividad económica y reducir la pobreza" (Naciones Unidas, 2018).

Para este objetivo, su puesta en marcha y concreción, implica un mejor consumo y producción de bienes haciéndolos de una manera sostenible, es decir, no implica una reducción de los niveles de producción, sino hacerlo de una manera que no implique aumentos en los niveles de contaminación, que reutilice y reduzca la cantidad de los recursos, logrando asimismo una mejor calidad de vida. Para lograr este objetivo, es esencial una cooperación de todas las partes involucradas en la cadena de suministro de los bienes en cuestión, tanto desde la producción a su consumo.

Es importante remarcar que cuando se habla de escasez y la problemática asociada a su consumo tal cual lo hacemos hoy, se habla de la dispersión de los elementos y su dificultad en la recuperación para ser reutilizados. Si hoy consideramos que tal elemento se encuentra en una mina en forma de tal sustancia, sabemos que allí está y no se va a ir a menos que lo extraigamos; mientras que es de muy difícil recuperación la pequeña cantidad utilizada en la fabricación de la pantalla de computadora que usted está utilizando para leer este escrito, y más aún recuperarla una vez que la pantalla haya sido descartada en su basurero local. Esta cuestión permitiría trabajar (o revisar) la ley de conservación de la masa y la energía en el aula.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Enseñar ciencias en el S.XXI es una tarea muy difícil. Consideramos que el abordaje propuesto y las posibilidades de la tabla periódica de la *EuChemS* brindan una mirada diferente y refrescante para las aulas de Ciencia.

Como docentes, la problemática abordada en el presente escrito nos involucra de una manera directa, ya que el ODS mencionado requiere involucrar a los consumidores mediante la sensibilización y educación sobre el consumo. Incluir esta problemática en nuestras aulas implica abonar en pos de concientizar a nuestros estudiantes sobre la posibilidad de modos de vida y consumo sostenibles para que puedan tomar decisiones fundadas en ideas científicas.

Seguramente esta problemática cobrará mayor relevancia en los años venideros, esperamos encontrarnos en una mejor posición de la que estamos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los Proyectos de Investigación CAI+D 2016 UNL PI 50120150100040LI, ANPCYT-FONCyT PICT-2015-0044, CONICET PIP N° 11220130100609CO y ANPCYT-FONCyT PICT-2016-0594.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- European Chemical Society. (2018). *90 Elements that make up everything – Support notes*. Disponible en: <https://www.euchems.eu/euchems-periodic-table/>
- Herman B. C., Sadler T. D., Zeidler D. L. y Newton M. H. (2018) A Socioscientific Issues Approach to Environmental Education. En: G. Reis y J. Scott (Eds.). *International Perspectives on the Theory and Practice of Environmental Education: A Reader. Environmental Discourses in Science Education*. Cham: Springer.
- Naciones Unidas. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina*. Santiago: Naciones Unidas. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>
- Zeidler, D. L. y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49, <https://doi.org/10.1007/BF03173684>

¿QUÉ ANDA DICIENDO LA WEB SOBRE LA TABLA PERIÓDICA? PEQUEÑA GUÍA DE CONSULTA

Ana V. Basso

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Químicas. Córdoba, Argentina.

E-mail: anavalentina.basso@gmail.com

Resumen. El presente año se conmemora el "Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos" para celebrar el 150° aniversario de la creación de la misma. Debido a esto mucha información ha sido promovida a través de las redes. ¿Qué de todo lo que circula es confiable o puede ser utilizado con fines educativos? Este trabajo intenta ordenar, catalogar y crear una pequeña guía de algunos sitios web para facilitar la tarea docente.

Palabras clave. Tabla Periódica, guía de sitios web, TICs

What is the web saying about the periodic table? Small consultation guide

Abstract. This year marks the "International Year of the Periodic Table of Chemical Elements" due to celebrate the 150th anniversary of its creation. Because of this a lot of information has been promoted through the networks. What of everything that circulates is reliable or can be used for educational purposes? This work tries to order, catalog and create a small guide of some websites to facilitate the teaching task.

Key words. Periodic Table, website guide, TICs

INTRODUCCIÓN

En el marco del "Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos", el cual se inauguró el 29 de enero en la Sede de la UNESCO, se han previsto una serie de actos y actividades en todo el mundo para celebrar el 150o aniversario de la creación de la tabla periódica. Esto se debe a que ésta es una valiosa herramienta no sólo sistematiza toda la información de los elementos químicos que componen el universo, sino que además es útil para predecir y explicar el comportamiento de los átomos existentes y por descubrir. En otras palabras, es un recurso didáctico que sintetiza la "Ley Periódica de los Elementos".

El científico ruso Dmitri Mendeleev propuso en 1869 la primera versión de la tabla periódica que conocemos hoy y como recordatorio de ese hecho, se declaró al presente, un año para celebrar. Esto es debido a que se la considera como uno de los logros más significativos de la ciencia ya que captura la esencia no sólo de la química, sino también de la física y la biología.

Se ha escrito muchísimo sobre la tabla periódica y se han propuestos numerosos recursos para su enseñanza a lo largo del tiempo. Pero... ¿Dónde está esa valiosa información? ¿Qué sitios son de fuentes confiables? ¿Cuáles permiten trabajos interdisciplinarios (más allá de la tecnología implicada)? Esta es una excelente oportunidad para revisar y compartir recursos *online* que se encuentran a disposición en la internet, para que pensemos, implementemos y disfrutemos con las nuevas tecnologías en el espacio aúlico.

OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo de este trabajo es presentar una diversidad de *links* y sitios que fueron apareciendo en las redes y que debido al año internacional de la Tabla Periódica fueron promovidos. Estos sitios web están agrupados de manera tal que sea sencilla su consulta para docentes, estudiantes e interesados.

PROPUESTA

Los siguientes sitios web están clasificados según las siguientes categorías:

3. Tablas periódicas para imprimir
4. Tablas periódicas interactivas
5. Otras tablas
6. Historia de la tabla periódica
7. Mujeres y la tabla periódica
8. Literatura basada en elementos químicos
9. Ilustraciones y humor basadas en elementos químicos
10. Juegos y aplicaciones

Para cada una de estas categorías se compartirán una serie de link a páginas, las cuales serán analizadas según su interactividad, contenido multimedia, información al usuario y acceso a otros recursos.

1. Tablas periódicas para imprimir

Esta categoría presenta una interactividad nula, ya que son sitios para descargar archivos en formato pdf e imprimirlos. Es de gran utilidad tener un listado de estos *links* ya que nos brindan diferentes formatos de la tabla periódica para tener el recurso a mano.

Tabla vacía:

http://www.vaxasoftware.com/doc_eduen/qui/tpvacia.pdf

Tabla blanco y negro con símbolo, Z y A:

https://www.periodni.com/download/tabla_periodica-blanco_y_negro.pdf

Tabla color con símbolo, Z y A:

https://www.periodni.com/download/tabla_periodica-color.pdf

Tabla blanco y negro con símbolo, Z y A, estados de oxidación y configuración electrónica:

<http://oaq.exactas.uba.ar/images/documentos/TablaPeriodicaOAQ.pdf>

Tablas gigantes para decorar el aula:

<https://www.periodni.com/es/download.html>

Tabla con ejemplos de usos en la vida cotidiana:

https://profequimica89.blogspot.com/2017/12/una-innovadora-tabla-periodica-de-los.html?fbclid=IwAR39OTKGRRBnzavPqPtM5hfFSrCkqFuhC0o-bvQzt_vb5YWAYSilvZmEO

https://elements.wlonk.com/Elements_Pics_11x8.5.pdf

Tablas en inglés:

<https://www.thoughtco.com/printable-periodic-tables-4064198>

https://www.iupac.org/cms/wp-content/uploads/2015/07/IUPAC_Periodic_Table-28Nov16.pdf

Tabla en otros idiomas:

<https://onedrive.live.com/?authkey=%21AAbHQT6GiV5EdIkycid=0A16BF58C939DEBD&id=A16BF58C939DEBD%21105yparId=A16BF58C939DEBD%21103yo=OneUp>

2. Tablas periódicas interactivas

Esta categoría presenta una interactividad alta, ya que son sitios para visitar y desplegar diferentes tipos de información, tales como propiedades, configuración electrónica, isótopos, historia, etc. Esta es una alternativa a la tradicional tabla impresa, en donde el usuario encontrará muchísima información multimedia con conexiones a otros sitios. Esta posibilidad de disponer de información de manera dinámica hace más atractivo el trabajo.

En español:

<https://ptable.com/?lang=es>

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/tabla_period/tabla.htm

<https://es.webqc.org/periodictable.php>

<http://www.rinconeducativo.org/contenidoextra/tablasperiodicas/tabla/tabla.php#tit>

<https://www.lenntech.es/periodica/tabla-periodica.htm>

En Inglés:

<http://www.rsc.org/periodic-table/>

http://www.periodictable.ru/index_en.html

<https://periodictable.com/>

Tabla con ejemplos de usos en la vida cotidiana (inglés):

<https://elements.wlonk.com/ElementsTable.htm>

3. Otras tablas

El formato de la tabla periódica se ha utilizado para ordenar y clasificar todo tipo de información. Explorar estos otros ejemplos de tablas (no químicas) nos acercan a su esencia de recurso visual sintético e informativo.

Tabla de la ortografía:

<https://sinfaltas.com/2016/12/08/la-tabla-periodica-de-la-ortografia/>

Tabla de los estilos de cerveza:

<http://www.jcjimenez64.jazztel.es/ImagenesServidor/Cerveza%20tabla%20periodica.jpg>

Tabla de estilos literarios (inglés):

<http://jamesharris.design/periodic/>

4. Historia de la tabla periódica

Hay cientos de tablas periódicas en el espacio web, pero pocas con bases de datos de las diferentes propuestas de tablas periódicas que sucedieron a lo largo del tiempo y con contenido histórico. Explorar estas propuestas históricas, ayuda a promover la contextualización de una ciencia argumentativa que avanza a fuerza de debates y evidencias.

Base de datos de Tablas Periódicas (inglés):

http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php

Línea del Tiempo:

<http://rinconeducativo.org/contenidoextra/tablasperiodicas/lineatemporal/>

Etimología de los nombres de los elementos químicos:

<http://www.acienciasgalilei.com/qui/tabla-periodica0-etimologica.htm>

Biografía de Mendeleiev

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/mendeleiev.htm>

5. Mujeres y la tabla periódica

Con el objetivo de visibilizar el rol de la mujer en la ciencia, acercar el debate sobre la igualdad de derechos para ejercer profesiones, despertar tempranas vocaciones en niñas y jóvenes, se podría proponer analizar la tabla periódica desde la perspectiva de contribuidoras a la tabla o imaginando una tabla de biografías de mujeres científicas, en donde cada elemento represente a una científica.

Tabla de científicas:

<https://mujeresconciencia.com/2019/01/01/la-tabla-periodica-de-las-cientificas/>

Mujeres que contribuyeron a la tabla periódica:

<http://www.sinpermiso.info/textos/las-mujeres-de-la-tabla-periodica>

<https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/ellas-la-tabla-periodica/>

<https://www.ipna.csic.es/node/290>

Mujeres que contribuyeron a la tabla periódica (inglés):

<https://www.nature.com/articles/d41586-019-00287-7>

6. Literatura basada en elementos químicos

Desde cuentos, hasta anécdotas históricas y datos de divulgación científica. ¿Puede la química tener poesía? Porque estas narrativas promueven, además de un trabajo interdisciplinario con las asignaturas de lengua y literatura, la curiosidad, la creatividad y las emociones. Contribuyen a expandir la imaginación resignificando lo que se lee con un sentido artístico-científico.

Pequeñas historias de los elementos químicos, David Zurdo (2013):

https://www.acta.es/medios/articulos/cultura_y_sociedad/014001.pdf

Sistema periódico, Primo Levi (1940):

<http://www.librosmaravillosos.com/elsistemaperiodico/index.html#presentacion>

Los materiales del universo, Isaac Asimov (1957):

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53938>

Todo es cuestión de química:... y otras maravillas de la tabla periódica. Débora García Bello (2016):

<http://www.librosmaravillosos.com/todoescuestiondequimica/pdf/Todo%20es%20cuestion%20de%20quimica%20-%20Deborah%20Garcia%20Bello.pdf>

7. Ilustraciones y humor basadas en elementos químicos

Muchas pueden ser las puertas de entrada para trabajar en el aula de ciencias naturales, entre ellas se encuentra el arte. Esta herramienta es atractiva por presentar al estudiante un lenguaje intuitivo de decodificación, el cuál puede utilizarse para indagar en las ideas previas o simplemente poner a prueba conocimientos de manera más libre e interpretativa.

Comics sobre familias de elementos:

<https://wirdou.com/>

Elementos químicos personificados (inglés):

<https://www.buzzfeed.com/donnad/cartoon-elements-make-learning-the-periodic-table-fun>

<https://genial.guru/creacion-arte/como-lucirian-los-elementos-quimicos-si-fueran-personas-279610/>

8. Juegos y aplicaciones

La gamificación de la enseñanza es una estrategia basada en generar otras emociones en el aula que permitan desarrollar habilidades como la memoria, la experticia y el acercamiento con el contenido. Se cree que es más fácil alcanzar aprendizajes significativos y funcionales a través de formatos lúdicos y que promueve actitudes cooperativas entre pares.

Laboratorio virtual

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/isotopes-and-atomic-mass>

Juegos

<http://www.thatquiz.org/es-m/ciencia/tabla-periodica/>

Cartas (inglés)

<https://elements.wlonk.com/index.htm>

CONCLUSIONES

El escenario aúlico ha cambiado mucho en poco tiempo. Docentes y estudiantes tienen que hacer un esfuerzo por encontrar un código en común para poder avanzar en la comprensión de nuevas ideas y conceptos. Y para complejizar aún más este escenario, además de la brecha generacional (que siempre está presente), se suma la brecha tecnoló-

gica. Como docentes es nuestro desafío acortar estas distancias proponiendo actividades que pongan sobre la mesa códigos compartidos, como punto de partida, y que estén direccionados a incrementar el conocimiento científico.

En algunas ocasiones puede ser abrumadora la cantidad de información que hay disponible para ver, leer, analizar y experimentar en web y en los tiempos que corren, el tiempo es justamente un recurso valiosísimo por escaso en cantidad o calidad.

Teniendo en cuenta estas dos características del escenario aúlico, es que se pensó en el armado de esta sencilla guía. Retomando el objetivo del trabajo, listar algunas páginas web que hacen uso de la tabla periódica de los elementos para facilitar la labor docente en la selección de sitios confiables es sólo un comienzo, se podría decir que además de esto, se presentó una potencialidad de actividades y trabajo en torno a estas páginas, que van desde indagar en las ideas previas hasta actividades de profundización e investigación escolar. Sin dejar de remarcar que serán actividades que impliquen el uso de otras tecnologías de información y comunicación.

De interés

TECNOLOGÍAS QUE APORTAN AL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Maximiliano I. Delleltesse^{1,3*}, R. Karina Nesprias^{1,2,3} y G. Nora Eyler^{1,3}

1. Universidad Nacional del Centro. Dpto. Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ingeniería, UNICEN, Olavarría. Buenos Aires. Argentina. 2. Facultad de Agronomía, UNICEN, Azul. Buenos Aires, Argentina. 3. Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires.

E-mail: mdelleltesse@fio.unicen.edu.ar

Resumen. En el presente trabajo se presenta un análisis de Tecnologías de la Informática y la Comunicación (TIC) aplicadas a la enseñanza de la Química Orgánica en nivel universitario. Esas tecnologías se han utilizado con estudiantes de dos asignaturas de Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, en dispositivos como netbooks, notebooks (PC), teléfonos inteligentes (smartphone) y tablets. También se abordó la problemática del uso de celulares, por parte de los estudiantes en su vida diaria y en particular, en lo relacionado con las distracciones e interrupciones en las clases. Se compararon las competencias del perfil del futuro ingeniero con los contenidos procedimentales asociados en la asignatura de Química Orgánica; y el aporte de las TIC al desarrollo de las mismas. Se evaluó a través de un pre-test y pos-test, el empleo de estas herramientas en diferentes instancias del proceso enseñanza-aprendizaje. Con el uso de TIC se logró incentivar el interés de los estudiantes y mejorar la comprensión y apropiación de los contenidos desarrollados en clase tales como hidrocarburos, alcoholes, estereoquímica y aromáticos, entre otros.

Palabras clave: Química Orgánica, TIC, Competencias, contenidos procedimentales.

Technologies that contribute to the development of competences in Organic Chemistry

Abstract. This paper presents an analysis of Information Technology and Communication Technologies (ICT) applied to the teaching of Organic Chemistry at the university level. These technologies have been used with students of two subjects of Organic Chemistry of the Faculty of Engineering and the Faculty of Agronomy of the National University of the Center of the Province of Buenos Aires, in devices such as netbooks, notebooks (PC), smartphones and tablets. It also addressed the problem of cell phone use, by students in their daily lives and in particular, in relation to distractions and disruptions in the classes. The skills of the profile of the future engineer were compared with the associated procedural contents in the subject of Organic Chemistry; and the contribution of ICT to their development. The use of these tools in different instances of the teaching-learning process was evaluated through a pre-test and post-test. With the use of ICT it was possible to encourage the interest of the students and improve the understanding and appropriation of the contents developed in class such as hydrocarbons, alcohols, stereochemistry and aromatics, among others.

Keywords: Organic Chemistry, ICT, Competencies, Procedural contents

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en Argentina existe una tendencia en el diseño de los planes de estudio de las carreras de ingeniería relacionada con el uso de *competencias* como horizonte formativo, éstas pueden definirse como conocimiento conceptual, habilidades y actitudes, pero también tienen un componente personal, que es propio del individuo (CONFEDI, 2014).

Se clasifican en:

Competencias genéricas: adoptan un significado local, vinculadas a la actividad profesional, comunes a todos los ingenieros (por ejemplo competencias tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales).

Competencias específicas: son propias de los ingenieros o profesionales de una misma terminalidad o especialidad.

El desarrollo de dichas competencias, debe atravesar todo el proceso de enseñanza ya que su aprendizaje se realiza gradualmente. De Pro Bueno (2013) considera que adquirir competencias engloba también el aprendizaje de los *contenidos procedimentales*. Entrenar a los estudiantes en la apropiación de dichas habilidades, implica utilizar estrategias didácticas diferentes, con el fin de que apliquen el nuevo conocimiento a una diversidad de situaciones, que tiendan a complejizarse. Los recursos didácticos variados favorecen este proceso, además de lograr que las actividades educativas sean más atractivas, diversificadas y eficaces para los alumnos de nivel universitario (Dellestesse, Colasurdo, Goñi Capurro y Wagner, 2017).

Las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) son tecnologías que permiten transmitir información sincrónica y son consideradas herramientas indispensables en los procesos de enseñanza - aprendizaje. Según Daza y colaboradores (2009), las TIC, usadas como estrategia pedagógica, brindan la posibilidad de crear oportunidades para guiar e incrementar el aprendizaje y ayudan al docente/alumnos a llevar a cabo procesos innovadores. Además, su uso en el aula permite a los estudiantes complementar otras formas de aprendizaje, mejorar la comprensión de conceptos complejos, usar representaciones para desarrollar actividades en diferentes temáticas con el docente y con los demás alumnos, entre otros. Es por ello que se requieren investigaciones en el aula para conocer qué procesos de aprendizaje se activan con el uso de esas herramientas, que complementan a las más tradicionales (Daza y col., 2009).

En este sentido, otros investigadores sostienen que las TIC favorecen el aprendizaje de procedimientos y el desarrollo de destrezas intelectuales de carácter general (Pontes, 2005) y permiten transmitir in-

formación y crear ambientes virtuales combinando texto, audio, video y animaciones (Rose y Meyer, 2002). Asimismo, ayudan a ajustar los contenidos, contextos, y las diversas situaciones de aprendizaje a la diversidad e intereses de los estudiantes (Yildirim, Ozden y Aksu, 2001).

La inclusión de TIC en las clases de química, aportaría al desarrollo de varias competencias básicas y de diferentes contenidos procedimentales asociados a las mismas. Las TIC más utilizadas se pueden clasificar en:

- **Simulaciones y animaciones:** *Procesos de interacción con objetos y modelos, que permite ponerlos en movimiento. Ofrecen una visualización dinámica de los fenómenos en dos o en tres dimensiones* (Raviolo, 2009). Las simulaciones hacen foco en aspectos cuantitativos, mientras que las animaciones, en los cualitativos.
- **Videos:** *Constituyen una secuencia continua de imágenes* (Raviolo, 2009). Puede incluir audio, simulaciones, animaciones, entre otros.
- **Aplicaciones con realidad aumentada:** *Vista directa o indirecta del mundo real que ha sido mejorada o aumentada al añadirle información generada por computadoras* (Carmigniani y col., 2010).
- **Utilización de buscadores específicos** (e-books, Internet).

El presente trabajo atiende a la problemática del uso de celulares, por parte de los estudiantes en su vida diaria y en particular, en lo relacionado con las distracciones e interrupciones en las clases de química, en dos asignaturas de Química Orgánica. Por mucho tiempo los docentes de diferentes niveles educativos han intentado neutralizar los efectos adversos del uso de celulares en el aula, sin embargo en los últimos años se ha revertido esta situación, y por el contrario, actualmente se plantea aprovechar su utilización en beneficio del proceso de enseñanza aprendizaje.

Si bien pueden ser usados otros dispositivos, tales como notebook, tablet, etc., el celular es el medio de comunicación más extendido en el mundo y su impronta en el aula es notoria. Estudios propios anteriores, dan cuenta que casi la totalidad de los estudiantes asisten a clase con él (Dellestesse, Magariño, Mateo y Eyler, 2018). Es por ello, que como objeto portador de múltiples usos (Mendoza Bernal, 2014), se propone al celular como una herramienta pedagógica de fácil acceso en nuestros días, para contribuir al desarrollo de competencias.

OBJETIVOS

Evaluar en forma preliminar la utilización de TIC en algunos temas de la asignatura Química Orgánica, de dos unidades académicas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA),

como estrategia didáctica para complementar el uso de modelos convencionales en el aula y aportar al desarrollo de competencias.

METODOLOGÍA

Esta propuesta se lleva a cabo en la asignatura *Química Orgánica*, de dos Unidades Académicas pertenecientes a la UNCPBA: la Facultad de Ingeniería, sede Olavarría y la Facultad de Agronomía, sede Azul (Tabla 1).

Ambas cátedras distribuyen su carga horaria en clases teóricas, de problemas de lápiz y papel, seminarios y trabajos prácticos de laboratorio, organizadas de manera tal que permiten la interrelación de contenidos. Los estudiantes poseen pensamiento lógico-matemático desarrollado ya que han cursado anteriormente materias de química, física y matemáticas.

El trabajo de investigación se llevó adelante en diferentes etapas, en principio, los docentes, realizaron una búsqueda y selección de las herramientas TIC de interés en Química Orgánica con potencialidad:

- Aplicaciones gratuitas para teléfonos inteligentes utilizando el Play Store de Android (servicio de tienda virtual).
- Videos utilizando la galería disponible en YouTube.

Los contenidos seleccionados para la implementación de TIC son los siguientes: hidrocarburos, esteroisomería, alcoholes, aromáticos, lípidos y un seminario especial de búsqueda bibliográfica.

Posteriormente, se realizó un análisis de las competencias y procedimientos que se podrían desarrollar en los estudiantes con el uso de las TIC. Para ello, se tomó como insumo las competencias genéricas para las carreras de Ingeniería (CONFEDI, 2014) y los contenidos procedimentales clasificados por De Pro Bueno (2013).

La siguiente etapa, consistió en la aplicación de un pre test y post test a los estudiantes al comienzo y finalización de la cursada, en uno de los cursos de Química Orgánica. El pre test estuvo orientado, entre otros aspectos, a evaluar los tipos de dispositivos que utilizan y/o tienen disponible en su lugar de estudio y las tecnologías disponibles en sus dispositivos móviles. Por otro lado, el post test se enfocó en evaluar el grado de interpretación de los contenidos asociados al uso de cada aplicación móvil (App) e interés por alguna de ellas en particular.

La metodología utilizada para el análisis de los datos, es del tipo descriptiva con un análisis cuali-cuantitativo.

	Facultad de Ingeniería	Facultad de Agronomía
Carreras	Ingeniería Química y Profesorado en Química	Ingeniería Agronómica y Profesorado en Ciencias Biológicas
Ubicación en el plan de estudios	2do. año, 2do cuatrimestre.	2do. año, 1er cuatrimestre.
Cantidad de alumnos	entre 15 y 20	entre 30 y 40
Cantidad de docentes	cuatro	Cuatro
Carga horaria (h)	150	120

Tabla 1: Características de la Cátedra Química Orgánica en dos diferentes Facultades de la UNCPBA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia, se realizó el análisis, la comparación y la asociación de los contenidos procedimentales (P) que se relacionan con las diferentes competencias (C) (Tabla 2), siempre teniendo en cuenta la grilla de CONFEDI.

Competencias (C)	Contenidos procedimentales (P)
Identificar, formular y resolver problemas. Capacidad para identificar y formular problemas (C1). Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas (C2).	Destrezas de investigación: Identificación de problemas (P1). Realización de predicciones y emisión de hipótesis (P2). Relación entre variables (P3). Análisis de datos y situaciones (P4). Destrezas comunicativas: Representación simbólica (P5).
Utilizar de manera efectiva técnicas y herramientas. Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles (C3).	Destrezas técnicas: Utilización de técnicas informáticas (P6). Destrezas comunicativas: Identificación y análisis de ideas en material visual (P7).
Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos (C4).	
Aprender en forma continua y autónoma. Capacidad para reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida (C5). Capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje (C6).	Destrezas comunicativas: Búsqueda de información guiada (e-books, Internet) (P8).

Tabla 2: Competencias (CONFEDI, 2014) asociadas a contenidos procedimentales (De Pro Bueno, 2013).

Se seleccionaron algunas unidades temáticas de las clases de Química Orgánica, de dos cursos de la UNCPBA, en las que se implementaron diferentes TIC con la finalidad de lograr una mejor comprensión, acercamiento a los contenidos y desarrollo de competencias y procedimientos en los estudiantes. En la Tabla 3 se presentan distintas TIC puestas en práctica; y se proponen además, las competencias y contenidos procedimentales asociados a cada una.

Contenido	Tipo de clase	TIC	Contexto	C y P asociados
Hidro-carburos	Problemas de lápiz y papel	Aplicación en Smartphone: WebMo	Modelización y actividad de aplicación	C2, C3, C4 P3, P4, P5, P6
	Evaluación parcial (Figura 1)	Aplicación en Smartphone: WebMo	Modelización y actividad de aplicación	C2, C3 P4, P5, P6
	Problemas de lápiz y papel	Aplicación en Smartphone: Chiralité et médicament- Realidad Aumentada	Ejemplificación	C1, C2, C4 P1, P2, P5, P6
Esteroisomería	Problemas de lápiz y papel	Aplicación en Smartphone: Chiralité et médicament- Realidad Aumentada	Modelización y ejemplificación	C2, C3, C4 P4, P5, P6
	Problemas de lápiz y papel	Aplicación en Smartphone: Isométrie Z/E - Realidad Aumentada	Actividad de aplicación	C3 P7
	Teoría	Animación "Conformeros del etano"	Ejemplificación e Interpretación de fenómeno	C3 P7
Alcoholes	Teoría	Video "Mecanismo SN1" (University of Surrey)	Modelización e Interpretación de fenómeno	C2, C3 P4, P7
	Teoría	Video "Mecanismo SN2" (University Of Surrey)	Modelización e interpretación de fenómeno	C2, C3 P4, P7
Aromáticos	Teórica	Animación "Estructura del benceno"	Ejemplificación.	C3 P7
Lípidos	Teoría	Animación "Empaquetamiento de ácidos grasos" (Proyecto Biosfera)	Interpretación de fenómeno	C3 P3, P4
Búsqueda bibliográfica	Seminario	Buscadores web (google, académico, bibliotecas MinCyT, Scient Direct, etc.)	Elaboración de ensayos sobre un tema determinado.	C5, C6 P8

Tabla 3: TIC utilizadas en la clase de química orgánica en el contexto de enseñanza.

El pretest aplicado a un grupo de alumnos durante el año 2018, mostró que el 94 % de los estudiantes asisten a clases con celular.

Las actividades llevadas a cabo durante las clases de problemas de lápiz y papel, se realizaron de manera grupal y en el marco de la ejercitación tradicional. En estas clases los recursos (*TIC*) más utilizados fueron las aplicaciones de smartphone y el uso de realidad aumentada, ya que esta tecnología se encuentra disponible para los estudiantes, según surge del pre test llevado a cabo. Los alumnos mostraron gran entusiasmo y predisposición durante el desarrollo de las diferentes propuestas. Esta estrategia didáctica también fue empleada como parte de la evaluación en el examen parcial (en la Imagen 1, se presenta un ejemplo típico).

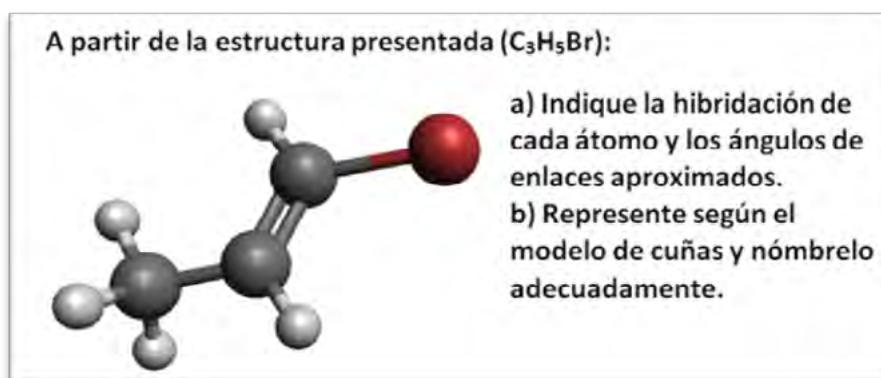


Imagen 1: Ejemplo de actividad utilizando la aplicación WebMo

Respecto a las clases teórico-prácticas, el uso de animaciones y videos contribuyó a la formulación de actividades de comprensión, destacándose el debate con el docente y la vinculación con la clase de problemas.

El seminario de búsqueda bibliográfica, aportó a los alumnos las herramientas para iniciar búsquedas en diferentes fuentes (libros, revistas, catálogos y buscadores web).

A la luz del post test realizado con uno de los grupos en el año 2018, en general, los estudiantes entienden que las App contribuyeron a la interpretación de contenidos. Según ellos, el recurso que más aportó a este proceso (79%) fue *Chiralité et médicament* (realidad aumentada). La mayoría de los alumnos (86%) opinaron que el uso de las App permite tener más información y precisión en la representación de moléculas; indicando como ventajas la fácil accesibilidad, practicidad, la posibilidad de manipular (rotar, ampliar, medir) modelos moleculares y la rapidez con que se logra representarlos comparado con los modelos plásticos.

CONCLUSIONES

La utilización de *TIC* para abordar diferentes contenidos de Química

Orgánica de nivel universitario ha arrojado buenos resultados, considerando no sólo la opinión de los docentes sino la de los estudiantes, con la aplicación de instrumentos en dos etapas diferentes (pre y pos test).

Estas herramientas informáticas posibilitarían el desarrollo de competencias básicas que resultan complejas de llevar a cabo de forma tradicional.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas pre y pos test, se logró incentivar el interés de los estudiantes para mejorar la comprensión y apropiación de los contenidos desarrollados.

Como proyección del presente trabajo, resta avanzar en el diseño de otras unidades didácticas para incluir de manera constructiva las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, además de establecer nuevos mecanismos que posibiliten dar cuenta del desarrollo de competencias en los estudiantes.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M. Ceravolo, P., Damiani, E. y Ivkovic, M. (2010). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Application*, 51(1), 341-377.

CONFEDI. (2014). Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. *Universidad FASTA*. Mar del Plata.

Daza Perez, E., Gras Martí, A., Gras Velázquez, A., Guerrero Guevara, N., Gurrola Togasi, A., Joyce, A., Mora Torres, E., Pedraza, Y., Ripoll, E. y Santos, J. (2009). Experiencias de enseñanza de la Química con el apoyo de las TIC. *Revista educación en línea*, Universidad Autónoma de México, 20 (3), 320-329.

De Pro Bueno, A.J. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 73, 69-76.

Delletesse, M.I., Colasurdo, V., Goñi Capurro, M.J. y Wagner, C.C. (2017). XI Jornadas Nacionales y VIII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Delletesse, M.I., Magariño, M., Mateo, C. y Eyler G.N. (2018). Jornadas de Innovación Educativa. Olavarría, Argentina.

Mendoza Bernal, M. I. (2014). El teléfono celular como mediador en el proceso de enseñanza – aprendizaje. *Revista Omnia*, 9-22.

Pontes, A. (2005) Aplicaciones de las TIC en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza*

y Divulgación de las Ciencias, 2(1), 2-18.

- Raviolo, A. (2009) Recursos didácticos visuales en la clase de ciencias. II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, Un espacio para la reflexión y el intercambio de experiencias, La Plata, Argentina.
- Rose, D.H. y Meyer, A. (2002). *Teaching Every Student in the Digital Age: Universal Design for Learning*. ASCD.
- Yildirim Z., Ozden M. y Aksu M. (2001). Comparison of hypermedia learning and traditional instruction on knowledge acquisition and retention. *The Journal of Education Research*, 94(4), 207-214.
- Acclabs, Estructura del benceno recuperado el 18 de Julio de 2019 de <http://4.bp.blogspot.com/-OQqcF-cMRZ4/T99lwqts9II/AAAAAAAA-AJA/M7YYBIUbLyE/s1600/benceno%2520tridimensional.gif>
- Acidos grasos recuperado el 18 de Julio de 2019 de https://biologiacampmorvedre.blogspot.com/2013/02/bloque-i_24.html
- Chiralité et médicaments recuperado el 18 de Julio de 2019 de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.miragestudio.drugs>
- Isomérie Z/E - Mirage recuperado el 18 de Julio de 2019 de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.miragestudio.isomerze>
- University of Surrey, Mecanismo SN1 recuperado el 18 de Julio de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=JmcVgE2WKBE>
- University of Surrey, Mecanismo SN2 recuperado el 18 de Julio de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=h5xvaP6bIZI>
- WebMo recuperado el 18 de Julio de 2019 de <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.webmo.android.moledit>

De interés

ALGUNOS CONSEJOS SOBRE LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS

María Gabriela Lorenzo

Co-editora Revista EDENLAQ

E-mail: revedenlaq@gmail.com

A continuación, presentaremos varias de las recomendaciones que Richard Threlfall, editor de Wiley-VCH, compartiera con los asistentes al Congreso Internacional de la IUPAC, celebrado en París, el pasado julio.

Tomando como base dicho material, perteneciente a la Sociedad Editorial Asiática de Química (ACES por sus siglas en inglés *Asian Chemical Editorial Society*), incluiremos la traducción de varios párrafos que nos parecieron especialmente pertinentes, y en otros casos, hemos reelaborado algunos de acuerdo con el interés editorial de nuestra revista, manteniendo siempre la línea de pensamiento y la estructura presentada por el autor. Al final, discutiremos las posibles relaciones entre los artículos "clásicos" de la investigación química y aquellos que pertenecen al campo de la "educación química" para comentar algunos puntos de vista que surgen de la lectura de este texto, y para ello, planteamos un desafío para quienes se animen a recoger el guante. Empecemos...

LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS ACADÉMICOS COMO PARTE DEL TRABAJO DEL INVESTIGADOR

La escritura de artículos científicos es una de las actividades que comparten los investigadores de cualquier disciplina, cultura y país. Ya sea que se ame o se odie el trabajo de escritura, nadie puede escaparse de él porque es una parte ineludible del proceso de investigación.

Las tres características más importantes de cualquier artículo científico bien escrito son la claridad, la simpleza y la precisión. La ciencia grande (*Great science*) siempre habla por sí misma sin necesidad de maquillarla con palabras complicadas o una incomprensible lista de acrónimos. Cualquiera, en cualquier parte del mundo y en cualquier época, podría llegar a leer su artículo. Por lo tanto, a pesar de que sea necesario usar los nombres químicos, o los nombres de técnicas analíticas, es importante explicar los conceptos subyacentes de su investigación en un lenguaje simple tanto para usted como para la comunidad.

Un gran comunicador científico toma las ideas difíciles y las expresa de

manera simple, lo que hace a la ciencia más accesible y le provoca a la gente hambre por aprender más sobre las contribuciones asombrosas que la investigación científica genera cada día.

El desarrollo de las habilidades de escritura requiere tiempo y dedicación. El artículo científico reúne una serie de requisitos que iremos revisando a continuación, para que sirva de ayuda para la redacción de próximos trabajos.

LA CARTA DE PRESENTACIÓN (COVER LETTERS) (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200115>)

Cuando se envía un trabajo (manuscrito) a una revista para someterlo a consideración para su publicación, usualmente va acompañado de una carta de presentación. Antiguamente era una carta que se adjuntaba al impreso que se enviaba por correo postal. Hoy en día, puede ser el cuerpo del mensaje en un e-mail o un mensaje que se escribe en un macro o cuadrado especialmente incluido en la plataforma de la revista que recibirá el trabajo. Esta carta es muy importante porque ofrece la oportunidad de comunicarse directamente con el editor y llamar su atención hacia el trabajo que acabamos de enviar dando una buena impresión. Es por eso que es importante, incluir en el texto de la nota, el título del trabajo y señalar de manera clara pero contundente lo más importante de la investigación, ya sean resultados, aspectos metodológicos, originalidad, entre otros.

Algunas situaciones para tener en cuenta:

Lo peor que se puede hacer es no enviar una carta de presentación. El editor no tendrá oportunidad de conocernos ni de interesarse por el trabajo. Por eso, siempre hay que enviar una nota junto con el manuscrito, que indique además sobre la conformidad de la totalidad de los autores, que garantice su originalidad aclarando que no ha sido enviado a ninguna otra revista.

Veamos el siguiente caso:

Estimado Editor,

Adjunto al presente nuestro trabajo para su consideración en su revista.

Saludos cordiales,

A. Autor

Si bien el texto es correcto (y como ya se ha dicho, mejor esto que nada), no es la mejor forma de presentar el trabajo, porque en realidad esa nota no dice nada que sirva como introducción al trabajo ni despierte el interés del editor. Una buena carta de presentación debe mostrarle claramente al editor cual es la pregunta clave de investigación a la cual da respuesta el artículo y cuál es el aporte principal que ofrece a toda la

comunidad científica.

Consideremos algunos ejemplos sobre investigaciones químicas:

Estimado Editor

El compuesto X tiene interesante actividad biológica y farmacológica. En nuestro grupo realizamos algunas mejoras sobre síntesis previas y creemos que son una contribución importante a la química orgánica.

Saludos cordiales,

A. Autor

Una carta como la anterior generará al editor más preguntas que respuestas. ¿A qué actividad del compuesto X se refiere? ¿Cuáles son las síntesis anteriores? ¿En qué contribuyen las mejoras? Una mejor forma de empezar la nota sería, luego de presentar el título del trabajo decir algo del tipo:

El compuesto X es un potente anticancerígeno. Sin embargo, hasta ahora, sólo pudo ser aislado en pequeñas cantidades a partir de la planta P.p. Nuestra síntesis total permite obtener el compuesto X con un 99% de rendimiento...

Pueden incluirse detalles técnicos cuando éstos ayudan a la comprensión del artículo, pero hay que ser cuidadoso de no sobrecargar de información o incluir demasiados números que oscurezcan en vez de aclarar.

Por último, ya sea que la revista lo pida o no, pueden sugerirse posibles nombres de investigadores que puedan officiar como árbitros de la publicación. Esto mostrará que disponemos de un buen conocimiento del campo en donde desarrollamos la investigación. Una salvedad importante: no podemos recomendar integrantes de nuestro propio grupo de investigación, ni colegas con quienes hayamos publicado previamente o tengamos algún tipo de relación que les impida desempeñarse como evaluadores. Una buena carta de presentación es concisa y da una explicación clara de las ventajas y aportes de la investigación. Debemos recordar que las revistas reciben muchos trabajos (y muchas cartas) al día pidiendo ser publicados, por eso es importante, presentar bien nuestro trabajo.

LOS TÍTULOS (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200117>)

Una de las primeras cosas que leen el editor, los evaluadores, y luego, los potenciales lectores de nuestro artículo, es precisamente el título. Es por eso que el título es muy importante y debemos ser cuidadosos y estratégicos al escribirlo.

El título debe captar la atención del lector y ofrecerle una idea de porqué constituye un avance en la investigación científica en el campo. Debe ser específico, conciso y no demasiado técnico.

Otro aspecto a ser tenido en cuenta es que los buscadores de Internet y los buscadores científicos específicos consideran los títulos en sus bús-

quedas (y las palabras clave, que veremos más adelante). Entonces, si queremos que nuestro artículo sea leído y citado, es importante incluir algunos aspectos clave en el título. Un buen truco es pensar en cuáles serían los términos o palabras que usaría para buscar en la web ese trabajo que está publicando, para así incluirlos en el título.

Supongamos un artículo cuyo título es:

"Efectos del catalizador metálico en los resultados de las reacciones de alcoholes aromáticos"

Este título no dice nada sobre la clase de efectos a los que se refiere el trabajo, ni cuáles son las reacciones, ni sobre qué tipo de alcoholes aromáticos se practicó la reacción. Es decir que este título solo ofrece incertidumbres en lugar de información clave sobre la investigación.

Para este ejemplo, una mejor opción podría ser:

"Tricloruro de rutenio como catalizador en la alquilación de alcoholes aromáticos 2,4-disustituidos"

Así, el lector se entera inmediatamente del contenido del trabajo y entonces querrá saber más y lo leerá. Además, "rutenio" o "alcoholes aromáticos 2,4-disustituidos" aumentarán las chances de que encuentren nuestro artículo en los motores de búsqueda de Internet, cosa que con el primer ejemplo de título no ocurriría.

EL RESUMEN (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200118>)

Imagínese que alguien tiene veinte segundos para explicar el proyecto en el que ha venido trabajando por meses o años a otro científico que no está familiarizado con su área de investigación. Seguramente sería recomendable que dijera uno o dos de los principales resultados o aportes sin meterse excesivamente en los detalles técnicos. Esta es una buena manera de pensar a la hora de escribir el resumen.

El resumen es siempre corto (la revista generalmente indica el número de palabras), pero esto no significa que haya que decir todo en esas pocas líneas. Lo importante es darle al lector un panorama general en la primera oración, aclarar la parte más importante del desarrollo metodológico y luego, en la última oración del resumen, presentar las principales conclusiones del artículo. En este sentido, el resumen sigue los mismos lineamientos que un artículo periodístico (haga un repaso a las noticias para poder comparar). La mayoría de las veces, la información crucial de la historia se presenta en la primera línea y a partir de allí se van presentando los detalles. Este es un buen modelo para redactar el resumen; después de todo, lo que usted está escribiendo es una noticia para la comunidad científica.

Lo primero, y a veces lo único, que aparece cuando los motores de búsqueda de Internet y los servicios de los diferentes índices realizan la búsqueda basada en las palabras clave, es el resumen. Desde este punto de vista, habría que asegurarse de que algunas palabras clave estén

presentes tanto en el resumen como en el título para darle a su artículo las mayores posibilidades de ser encontrados en una búsqueda.

Un buen resumen es conciso, explica los principales hallazgos de la investigación, pero no sobrecarga al lector con tecnicismos. Un lector interesado leerá el trabajo completo, donde podrá encontrar por sí mismo, todos los detalles técnicos particulares. La escritura de buenos resúmenes es una habilidad crucial para los científicos, porque también es necesaria para la participación en congresos y conferencias, la postulación a becas o proyectos de investigación, o para la presentación o solicitud de entrevistas de trabajo. Por lo tanto, vale la pena tomarse el tiempo necesario para pensar sobre cómo crear un resumen que resulte efectivo.

LA INTRODUCCIÓN (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200119>)

Los lectores necesitan saber los fundamentos de su investigación y, lo más importante, por qué su investigación es relevante en este contexto. Además, deben quedar bien claras cuáles son las preguntas a las que su investigación responde y por qué el lector, debería estar interesado en seguir leyendo.

Muchos artículos comienzan con una oración genérica, del tipo:

"La estructura X está ampliamente presente en los productos naturales y también es importante en la química medicinal"

Esto puede ser verdad, pero ¿consigue atrapar la atención del lector? ¿Por qué la estructura X es importante en química medicinal? ¿En qué productos naturales se encuentra la estructura X y por qué eso es importante? Debe describirse correctamente el contexto para que el lector pueda conocer la importancia de esa investigación. Sin embargo, es mejor evitar exageraciones del tipo "es una cura potencial para todos tipos de cáncer", a menos que sea cierto, y entonces se pueda gritar a los cuatro vientos.

Otra cosa que también es bueno evitar, es que la introducción se convierta en un minireview. Si bien existe una enorme cantidad de literatura ahí afuera, un científico debería ser capaz de seleccionar aquellas cosas que son más relevantes para su trabajo y explicar por qué. Esto le muestra al lector, que realmente entiende su área de investigación y que puede ir directamente al grano de los tópicos más importantes.

Mucha gente comienza con una amplia exposición y luego va ajustando gradualmente hacia la materia en cuestión del área específica o de interés. Esto no está necesariamente mal, pero ¿por qué desperdiciar su tiempo y esfuerzo en discutir cosas que no son realmente relevantes al contenido del trabajo? Por ejemplo, si está escribiendo sobre la activación del enlace C-H, evite oraciones como:

"La activación de C-H ha sido ampliamente estudiada en la década pasada.^[1a-y]"

porque recargaría el texto con todos los variados ejemplos de activación del enlace C-H que aparecen en las referencias 1a-y. Todos saben que la activación del enlace C-H ya fue intensamente estudiada y que existen miles de ejemplos. Es mejor llamar la atención del lector hacia la pregunta exacta que se intenta responder con la investigación. En lugar de la anterior, considere la siguiente oración:

"Entre los muchos ejemplos de activación del enlace C-H, aquellas reacciones en la posición de C5 de los compuestos X, no han sido suficientemente estudiadas. Es por eso que..."

En este ejemplo, se muestra un conocimiento acerca de la literatura y presenta inmediatamente la investigación en una o dos oraciones, lo cual constituye una buena primera impresión.

No hay que olvidar que las primeras impresiones del editor, y de los árbitros, ante la lectura inicial de su trabajo son un tema importante, después de todo ellos también son seres humanos. Es por eso que transmitir las razones que hacen al artículo emocionante para ellos, puede traer beneficios al autor.

GRÁFICOS Y TABLAS (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200120>)

De acuerdo, estrictamente no sería "escribiendo". Sin embargo, vale la pena pensar acerca de los gráficos, ya que son una de las partes que más llaman la atención en un artículo científico.

Con los gráficos, la clave es su simplicidad. Trate de evitar el desorden y la sobrecarga de texto. Un buen gráfico puede brindar su mensaje al lector sin necesidad de dar demasiadas explicaciones en el texto. Por eso, si uno se da cuenta de que está poniendo mucho texto en un gráfico, debería considerar en reemplazarlo por otro.

Por supuesto que algunos gráficos no pueden estar completamente libres de texto. Sin embargo, para cosas tales como las condiciones de reacción, en lugar de incluirlas en el esquema o como una leyenda dentro del gráfico, considere poner esta información como una nota al pie. De esta manera, el gráfico queda claro y sin sobrecargas.

Para resaltar los detalles importantes pueden usarse las negritas y las itálicas, pero ¡no las use mucho! Si todo el texto está en negritas o en itálicas (o a veces en ambas) no sirve para resaltar nada.

El tamaño es otro asunto importante. Recuerde que en la mayoría de los casos, los gráficos tienen que ser reducidos para que se ajuste a las páginas de la revista. Por eso, mientras en la pantalla de la computadora el gráfico se ve perfecto, hay que tratar de imaginar cómo se vería en la

página de la revista.

Además, hay que ser cuidadoso que ningún texto quede demasiado pequeño para ser leído una vez que se haya reducido el gráfico. Un buen consejo es usar el mismo tamaño y estilo de letra, por ejemplo sería apropiado usar Helvética o Arial 12 o 14 pt en todos los gráficos. El tamaño también es importante para la Tabla de Contenidos, especialmente para las revistas que publican en columnas, por eso hay que tener en cuenta este aspecto.

Finalmente, hay que estar seguro que los gráficos estén en alta resolución y hay que leer las especificaciones para autores de la revista a donde se envía el trabajo, en caso de que haya algunos requisitos particulares, como el tipo de archivo y otros detalles (puede consultarse la siguiente página para más información [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)2193-5815/homepage/2157_notice.html#GraphicsandTables](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)2193-5815/homepage/2157_notice.html#GraphicsandTables)). Preparar los gráficos adecuadamente asegura una mayor comprensión y rapidez en la publicación, que en definitiva es lo que todo el mundo desea.

LOS RESULTADOS Y LA DISCUSIÓN (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200123>)

Entonces, dado que se han invertido muchos, muchos meses en el proyecto y se han obtenido grandes resultados, ahora, viene el momento de recogerlos en un artículo con la intención de decirle al mundo acerca de todas las horas invertidas probando cada solvente, cada catalizador y todos los inconvenientes que hubo que superar con el HPLC. Sin embargo, si uno hiciera eso, es probable que sus lectores se aburrieran muy pronto. Por lo tanto, el mejor consejo es mantener el foco y hacer una presentación concisa pero informativa de los resultados y su discusión, concentrándose en los fragmentos realmente importantes y no en los pequeños detalles, especialmente si se está escribiendo una comunicación y no un artículo completo. Ilustrando esto con un simple ejemplo, si se ha probado la reacción en varios solventes diferentes, no necesita discutir los resultados de cada experimento individual con cada solvente particular, tal como: *"En acetato de etilo, el rendimiento de la reacción fue de 59%, en dietil éter fue de 46%, ..."* y así siguiendo.

Organice toda la información en una tabla para que el lector pueda ver fácilmente los resultados completos, entonces la discusión debería ser acerca de las cosas que no resultan obvias a partir de los datos crudos, por ejemplo, por qué la reacción funciona mejor en solventes polares que no polares.

Trate y mantenga en mente que los resultados y la discusión corresponden a una sección diferente de la parte experimental. Usualmente, no es necesario discutir los procedimientos experimentales en la sección de

resultados y discusión a menos que los aspectos prácticos del trabajo experimental hayan impactado de alguna manera en los datos obtenidos. Por ejemplo, si el orden en que se agregan los reactivos modifican el rendimiento de la reacción, definitivamente esto debería ser incluido en la discusión. Si no es así, déjelos en la parte experimental.

El uso de abreviaturas debe ser escaso y consistente a lo largo de todo su artículo. Defina la abreviatura la primera vez que la usa, y luego, podrá seguir usándola sin necesidad de definirla cada vez. Algunas, como RMN o HPLC, podrían no definirse, aunque hay que asegurarse que los posibles lectores conocerán su significado.

Algunas veces, las partes más interesantes para discutir son las anomalías y las cosas que no tienen sentido de su investigación. No ignore estos resultados aislados porque los árbitros probablemente le pregunten sobre ellos y le pidan que los comente. La discusión de los resultados inusuales suele ser tan valiosa como centrarse en los resultados esperados ya que puede ayudar a comprender las características más sutiles de una reacción, un catalizador o un material. Y quién sabe, un resultado extraño podría ser suficiente para abrir una nueva y completa área de investigación.

CONCLUSIONES

Hay un viejo dicho para cuando se hacen presentaciones: *“Dígales lo que va a decirles, dígaselos, y luego dígales lo que acaba de decirles”*. Si a usted le gusta usar este formato o no en sus charlas, no hace falta un gran salto de lógica para ver que esa estructura básica también podría parecerse mucho a esto. *“Dígales lo que va a decirles”* correspondería al resumen y a la introducción, *“dígaselos”* sería la parte experimental con los resultados y su discusión, y luego *“dígales lo que acaba de decirles”* es la conclusión.

En una ponencia no es fácil referirse a lo que paso antes, por eso, no es mala idea, hacer una recapitulación de ideas al final. En cambio, en un artículo, no tiene mucho sentido repetir ideas o detalles que pueden encontrarse fácilmente unos párrafos atrás. Por lo tanto, el apartado de conclusiones debería ser mucho más que una reafirmación de los resultados y debe apuntarse a converger sus ideas iniciales, los resultados obtenidos y cómo el conocimiento existente hasta ahora debería cambiar debido a estos nuevos resultados.

El apartado de conclusiones no tiene que ser demasiado extenso, con seis a ocho renglones debería ser suficiente en la mayoría de los artículos. Un sumario de los principales resultados es un buen comienzo, aunque no es necesario incluir demasiados datos a menos que vaya a tomar uno o dos de ellos como datos clave de su investigación. Luego, debería discutir brevemente si los resultados que obtuvo fueron o no

los esperados y justificarlos: Sus resultados ¿aportan alguna pista que pueda ser aplicado en el amplio campo de la investigación? ¿permiten plantear nuevos interrogantes a las teorías actuales o confirmar ideas preexistentes?

Por último, ahora que obtuvo ciertos resultados, debería decir algo sobre que va a hacer después. Muchos artículos terminan con una frase bastante débil del tipo: "*Las aplicaciones de este método están ahora siendo investigadas en nuestro laboratorio*". Aunque esto pudiera ser cierto, es mucho mejor y mucho más interesante ser un poco más específico. ¿Qué es exactamente lo que intentarán hacer en futuras investigaciones y cuáles de sus resultados actuales le hacen pensar que tendrá éxito? ¿Qué es lo que espera de futuras investigaciones y si hay algunos indicios del estudio actual que podrían generar giros inesperados más adelante?

Recuerde, la conclusión bien podría ser una de las últimas partes de su artículo que lea el evaluador, por lo que se debería apuntar a terminar con una nota inspiradora. En vez de solo decir "*dijimos lo que dijimos*", muéstreles cómo su trabajo ha cambiado la manera en que los científicos deberían cambiar su forma de pensar sobre esa área de investigación, que ya ha calculado lo que sigue y que no puede esperar para seguir adelante con los próximos desafíos.

PARTE EXPERIMENTAL (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200124>)

Posiblemente ésta sea la parte más fácil de escribir de todo el artículo, apuntar que fue lo que se hizo, las cantidades que se usaron y cuánto tiempo se demoró en hacerse ¡y listo! De este modo ya estaría escrita la parte experimental. Aunque sea fácil de escribir, existen cosas que aún pueden hacerse para que la parte experimental sea fácil de leer. No hay que olvidar que ésta es la evidencia para todas las ideas presentadas en el artículo y habrá personas que las usarán o tratarán de reproducir esos métodos. Por lo tanto, la claridad y una buena presentación realmente ayudará.

Dos buenos trucos son: evitar la repetición y ser consistente en la forma en que se presentan los datos. Enunciar repetidamente las condiciones de reacción, las cantidades usadas o las técnicas analíticas no agrega mucho al artículo y hace que las cosas importantes sean difíciles de encontrar. Un resumen de los procedimientos generales, las técnicas analíticas y otros detalles relevantes en una sección "general" al comienzo de la parte experimental es un gran recurso para evitar la repetición innecesaria.

De esta manera, una presentación de datos consistente hace que se facilite la lectura de la parte experimental a los pares evaluadores. Revise la guía para autores y los números previos de la revista a la que se está

sometiendo el artículo para ver con qué formato han de presentarse los datos. Recuerde que la mayoría de las revistas solamente requieren el análisis de los datos para los compuestos nuevos que son presentados en la parte experimental, pero controle la guía para autores primero.

Los árbitros suelen llamar la atención o cuestionar las inconsistencias en la parte experimental como algo que debería ser revisado, cuando en realidad puede tratarse de sólo un error de tipografía o algo que haya quedado de una versión previa del artículo. Por lo tanto, presente el conjunto de datos claramente, asegurándose antes del envío de que todo esté correcto para evitar rondas de revisión innecesarias.

REFERENCIAS (<https://doi.org/10.1002/chemv.201200125>)

Al igual que la parte experimental, la sección de referencias es muy fácil de compilar; no obstante, existen algunas pequeñas consideraciones que pueden atenderse para hacerla de amigable.

Especialmente cuando se comentan las referencias en la introducción del manuscrito, un buen truco es referenciar solamente los artículos más relevantes o algunos buenos *reviews* sobre el área particular de la investigación. Tal vez, nunca lo haya pensado, pero hacer esto le muestra al editor y a los evaluadores que se tiene un buen conocimiento del campo y realmente se entiende qué es lo importante en este contexto.

Como un ejemplo elemental, usar frases del tipo "*la activación C-H se ha incrementado de manera importante en años recientes [1]*", luego dar 25 ejemplos diferentes de la activación C-H de la referencia 1 no es de mucha ayuda. A menos que sea realmente necesario, estos comentarios tan amplios no ayudan mucho a la comprensión del concepto en cuestión y es mejor evitarlos.

Un buen software para el manejo de referencias puede ayudar mucho para completar este apartado. Un buen programa de este tipo le asegurará consistencia en la numeración de las referencias, le permitirá aplicar diferentes estilos para las diferentes revistas, y serán automáticamente actualizadas a lo largo de todo el manuscrito cuando éste sea modificado, ayudando a evitar confusiones. Algunos de estos paquetes están disponibles en la web y vale la pena indagarlos.

Finalmente, asegúrese de que su apartado de referencias esté actualizado. Una sección de referencias que no incluye suficientes publicaciones recientes, le dice al editor y a los árbitros dos cosas: 1) este campo de investigación no es muy moderno, y 2) este autor no tiene un buen conocimiento de la literatura actual. Tomar conciencia sobre estos aspectos, servirán para que sus referencias tengan una mayor influencia en los resultados del proceso de evaluación de la que podría imaginar.

A MODO DE CIERRE

Hasta aquí, hemos presentado una selección de ideas y recomendaciones para escribir mejores artículos sobre investigación química de modo que sean aprobados más fácilmente por los árbitros de las mejores revistas internacionales de la especialidad: química.

Nosotros, no aspiramos a publicar en esas revistas debido a que nos dedicamos a un área particular de la química, la educación química. Sin embargo, como parte del extenso campo de la investigación en química, la didáctica de la química ha tomado en gran parte la estructura general y los estilos de escritura propios de ella en sus artículos y publicaciones, aunque no está demás decir, que también ha incorporado algunas características provenientes del campo educativo.

Entonces, y para ir cerrando, les planteamos un desafío: les proponemos comparar artículos de ambas especialidades para encontrar aquellos rasgos comunes y fundamentalmente detectar y reconocer las diferencias, aquellas singularidades que hacen de la didáctica de la química, un campo particular y específico. Seguramente, para quienes acepten realizar este ejercicio, se abrirán nuevas oportunidades para comunicar de manera más efectiva los resultados de sus trabajos de investigación.

De interés

EL PREMIO NOBEL EN QUÍMICA 2019

9 de octubre 2019

La Real Academia Sueca de Ciencias ha decidido conceder el Premio Nobel en Química 2019 a John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham y Akira Yoshino "por el desarrollo de las baterías de ion litio".



John B. Goodenough
Nacido en 1922, Jena,
Germany. Universidad
de Texas, Austin, TX,
USA

M. Stanley Whittingham
Nacido en 1941, United
Kingdom. Universidad
de Binghamton, Univer-
sidad de New York, New
York, NY, USA

Akira Yoshino
Nacido en 1948, Suita,
Japan
Corporacion Asahi Kasei,
Tokyo, Japan, Univer-
sidad Meijo, Nagoya,
Japan

INFORMACIÓN DE PRENSA

Crearon un mundo recargable

El Premio Nobel en Química 2019 premia el desarrollo de la batería de ion-litio. Esta poderosa batería, liviana y recargable, es usada actualmente desde en teléfonos móviles hasta laptops y vehículos eléctricos. También puede almacenar cantidades significativas de energía proveniente de energía solar o del viento, haciendo posible una sociedad independiente de los combustibles fósiles.

Las baterías de iones de litio se utilizan a nivel mundial para alimentar los dispositivos electrónicos portátiles que utilizamos para comunicarnos, trabajar, estudiar, escuchar música y buscar conocimiento. También han permitido el desarrollo de automóviles eléctricos de largo alcance y el almacenamiento de energía de fuentes renovables, como la energía solar y eólica.

La base de la batería de iones de litio se sentó durante la crisis del petróleo en la década de 1970. **Stanley Whittingham** trabajó en el desarrollo de métodos que podrían conducir a tecnologías de energía libre de combustibles fósiles. Comenzó a investigar superconductores y descubrió un material extremadamente rico en energía, que utilizó para crear un cátodo innovador en una batería de litio. Este fue hecho de disulfuro de titanio que, a nivel molecular, tiene espacios que pueden albergar, intercalar, iones litio.

El ánodo de la batería estaba hecho parcialmente de litio metálico, que tiene una gran tendencia a liberar electrones. Esto dio como resultado una batería que literalmente tenía un gran potencial, un poco más de dos voltios. Sin embargo, el litio metálico es reactivo y la batería era demasiado explosiva para ser viable.

John Goodenough predijo que el cátodo tendría un potencial aún mayor si se hiciera usando un óxido metálico en lugar de un sulfuro metálico. Después de una búsqueda sistemática, en 1980 demostró que el óxido de cobalto con iones litio intercalados puede producir hasta cuatro voltios. Este fue un avance importante y conduciría a baterías mucho más potentes.

Con el cátodo de Goodenough como base, **Akira Yoshino** creó la primera batería de iones litio comercialmente viable en 1985. En lugar de usar el reactivo litio en el ánodo, usó coque de petróleo, un material de carbono que, como el óxido de cobalto del cátodo, puede intercalar iones litio .

El resultado fue una batería ligera y resistente que podía cargarse cientos de veces antes de que su rendimiento se deteriorara. La ventaja de las baterías de iones litio es que no se basan en reacciones químicas que descomponen los electrodos, sino en iones litio que fluyen de un lado a otro entre el ánodo y el cátodo.

Las baterías de iones litio han revolucionado nuestras vidas desde que ingresaron al mercado en 1991. Han sentado las bases de una sociedad inalámbrica, libre de combustibles fósiles, y son de gran beneficio para la humanidad.

INFORMACIÓN GENERAL

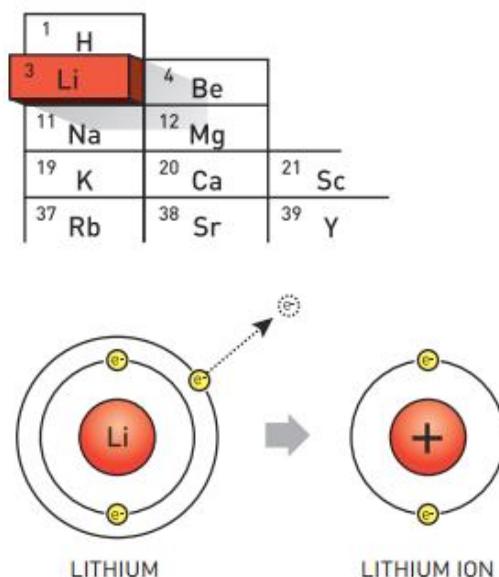
Desarrollaron la batería más poderosa del mundo

El Premio Nobel de Química 2019 se otorgó a John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham y Akira Yoshino por sus contribuciones al desarrollo de la batería de iones litio. Esta batería recargable sentó las bases

de la electrónica inalámbrica, como teléfonos móviles y computadoras portátiles. También hace

posible un mundo libre de combustibles fósiles, ya que se utiliza para todo, desde alimentar automóviles eléctricos hasta almacenar energía de fuentes renovables.

Un elemento rara vez desempeña un papel central en un drama, pero la historia del Premio Nobel 2019 en química tiene un claro protagonista: el litio, un elemento antiguo que se creó durante los primeros minutos del Big Bang. La humanidad lo reconoció en 1817, cuando los químicos suecos Johan August Arfwedson y Jöns Jacob Berzelius lo purificaron de una muestra mineral de la mina Utö, en el archipiélago de Estocolmo. Berzelius nombró el nuevo elemento basado en la palabra griega para piedra, *litos*. A pesar de su pesado nombre, es el elemento sólido más liviano, por lo que apenas lo notamos en los teléfonos móviles que ahora llevamos.



El litio es un metal. Tiene solo un electrón en su capa externa de electrones, que tiene una fuerte tendencia a dejar el litio por otro átomo. Cuando esto sucede, se forma un ion litio cargado positivamente y más estable.

Para ser completamente correctos, los químicos suecos en realidad no encontraron litio metálico puro, sino iones de litio en forma de sal. El litio puro ha activado muchas alarmas de incendio, especialmente en la historia que se contará aquí; es un elemento inestable que debe almacenarse en aceite para que no reaccione con el aire.

La debilidad del litio, su reactividad, es también su fortaleza. A principios

de la década de 1970, Stanley Whittingham utilizó la enorme tendencia del litio a liberar su electrón externo cuando desarrolló la primera batería funcional de litio. En 1980, John Goodenough duplicó el potencial de la batería creando las condiciones adecuadas para una batería mucho más potente y útil. En 1985, Akira Yoshino logró eliminar el litio puro de la batería, basándola en su totalidad en iones de litio, que son más seguros que el litio puro. Esto hizo que la batería funcionara en la práctica. Las baterías de iones litio han traído el mayor beneficio para la humanidad, ya que han permitido el desarrollo de computadoras portátiles, teléfonos móviles, vehículos eléctricos y el almacenamiento de energía generada por energía solar y eólica.

Ahora retrocederemos cincuenta años en el tiempo, hasta el comienzo de la historia altamente cargada de la batería de iones litio.

La niebla del petróleo revitaliza la investigación sobre baterías

A mediados del siglo XX, el número de automóviles a gasolina en el mundo aumentó significativamente, y sus gases de escape empeoraron el smog dañino que se encuentra en las grandes ciudades. Esto, combinado con la creciente comprensión de que el petróleo es un recurso finito, sonó una alarma tanto para los fabricantes de vehículos como para las compañías petroleras. Ellos necesitaban invertir en vehículos eléctricos y fuentes alternativas de energía para que sus negocios sobrevivieran.

Los vehículos eléctricos y las fuentes alternativas de energía requieren baterías potentes que puedan almacenar grandes cantidades de energía. En realidad, solo había dos tipos de baterías recargables en el mercado en ese momento: la pesada batería de plomo que había sido inventada en 1859 (y que todavía se usa como batería de arranque en automóviles de gasolina) y la batería de níquel-cadmio que se desarrolló en la primera mitad del siglo XX.

Las petroleras invierten en nuevas tecnologías

La amenaza del agotamiento del petróleo dio como resultado que un gigante petrolero, Exxon, decidiera diversificar sus actividades. En una de las mayores inversiones en investigación básica reclutaron a algunos de los investigadores más importantes de la época en el campo de la energía, dándoles la libertad de hacer más o menos lo que quisieran, siempre que no se tratara de petróleo.

Stanley Whittingham fue uno de los que se mudaron a Exxon en 1972. Vino de la Universidad de Stanford, donde su investigación había incluido materiales sólidos con espacios del tamaño de un átomo, en los que se podían ubicar iones. Este fenómeno se llama intercalación. Las propiedades de los materiales cambian cuando los iones quedan atrapados dentro de ellos. En Exxon, Stanley Whittingham y sus colegas comen-

zaron a investigar materiales superconductores, incluido el disulfuro de tantalio, que pueden intercalar iones. Ellos añadieron iones al disulfuro de tantalio y estudiaron cómo se veía afectada su conductividad.

Whittingham descubre un material extremadamente denso en energía

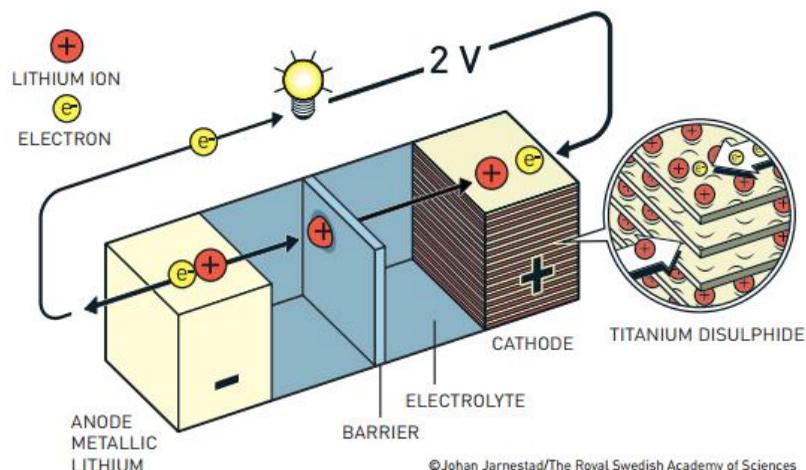
Como suele ser el caso en la ciencia, este experimento condujo a un descubrimiento inesperado y valioso. Resultó que los iones de potasio afectaban la conductividad del disulfuro de tantalio, y cuando Stanley Whittingham comenzó a estudiar el material en detalle, observó que tenía una muy alta densidad de energía. Las interacciones que surgieron entre los iones de potasio y el disulfuro de tantalio fueron sorprendentemente ricas en energía y, cuando midió el voltaje del material, fue un par de voltios. Esto era mejor que muchas de las baterías de esa época. Stanley Whittingham se dio cuenta rápidamente de que era hora de cambiar de rumbo, avanzando hacia el desarrollo de nuevas tecnologías que pudieran almacenar energía para los vehículos eléctricos del futuro. Sin embargo, el tantalio es uno de los elementos más pesados y el mercado no necesitaba cargarse con baterías más pesadas, por lo que reemplazó el tantalio con titanio, un elemento que tiene propiedades similares pero es mucho más ligero.

Litio en el electrodo negativo

¿No se supone que el litio ocupa un lugar de honor en esta historia? Bueno, aquí es donde entra el litio en la narración: como el electrodo negativo de la innovadora batería de Stanley Whittingham. El litio no era una elección al azar: en una batería, los electrones deben fluir desde el electrodo negativo (el ánodo) al positivo, el cátodo. Por lo tanto, el ánodo debe contener un material que abandone fácilmente sus electrones y, de todos los elementos, el litio es el que más tendencia tiene a liberar electrones.

El resultado fue una batería de litio recargable que funcionaba a temperatura ambiente y, literalmente, tenía gran potencial. Stanley Whittingham viajó a la sede de Exxon en Nueva York para hablar sobre el proyecto. La reunión duró unos quince minutos, y el grupo de gestión posteriormente tomó una

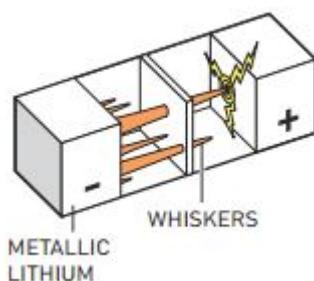
rápida decisión: desarrollarían una batería comercialmente viable utilizando el descubrimiento de Whittingham.



Las primeras baterías recargables tenían materiales sólidos en los electrodos, que se rompían al reaccionar químicamente con el electrolito. Esto destruía las baterías. La ventaja de la batería de litio de Whittingham era que los iones de litio se almacenaban en espacios en el disulfuro de titanio en el cátodo. Cuando se usaba la batería, los iones litio fluían del litio en el ánodo al disulfuro de titanio en el cátodo. Cuando se cargaba la batería, los iones litio fluían de vuelta.

La batería explota y el precio del petróleo cae

Desafortunadamente, el grupo que comenzaría a producir la batería sufrió algunos contratiempos. Cuando la nueva batería de litio era repetidamente cargada, delgados bigotes de litio crecían del electrodo de litio. Cuando llegaban al otro electrodo, la batería sufría un cortocircuito que podría haber provocado una explosión.



Los bigotes de litio se forman cuando una batería con litio puro en el ánodo se carga. Estos pueden provocar un cortocircuito en la batería y provocar incendios incluso explosiones.

La brigada del fuego tuvo que apagar varios incendios y finalmente amenazó con hacer que el laboratorio pagara por los productos químicos especiales utilizados para extinguir los incendios de litio.

Para hacer la batería más segura, se agregó aluminio al electrodo de litio metálico y el electrolito entre los electrodos fue cambiado. Stanley Whittingham anunció su descubrimiento en 1976 y la batería comenzó a producirse a pequeña escala para un relojero suizo que quería usarlo en relojes con energía solar.

El siguiente objetivo era ampliar la batería de litio recargable para poder alimentar un automóvil. Sin embargo, el precio del petróleo cayó dramáticamente a principios de la década de 1980 y Exxon necesitaba hacer recortes. El desarrollo del trabajo se suspendió y la tecnología de la batería de Whittingham se licenció a tres diferentes empresas en tres partes diferentes del mundo. Sin embargo, esto no significaba que el desarrollo se detuviera. Cuando Exxon se rindió, John Goodenough se hizo cargo.

La crisis del petróleo hace que Goodenough se interese en las baterías

Cuando era niño, John Goodenough tuvo problemas importantes para aprender a leer, que fue una de las razones por las que se sintió atraído por las matemáticas y, finalmente, después de la Segunda Guerra Mundial, también por la física. Trabajó durante muchos años en el Laboratorio Lincoln en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, MIT. Mientras estuvo allí, contribuyó al desarrollo de la memoria de acceso aleatorio (RAM), que sigue siendo un componente fundamental de la informática.

John Goodenough, como tantas otras personas en la década de 1970, se vio afectado por la crisis del petróleo y quería contribuir al desarrollo de fuentes alternativas de energía. Sin embargo, el Laboratorio Lincoln era financiado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y no permitía todo tipo de investigación, por lo que cuando le ofrecieron un puesto como profesor de química inorgánica en la Universidad de Oxford en Gran Bretaña, aprovechó la oportunidad y entró en el importante mundo de investigación energética.

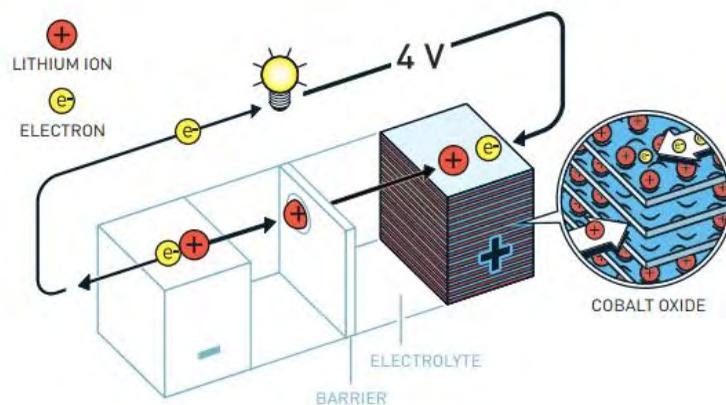
Altos voltajes cuando los iones de litio se esconden en óxido de cobalto

John Goodenough sabía sobre la revolucionaria batería de Whittingham, pero su conocimiento especializado del interior de la materia le dijo que su cátodo podría tener un mayor potencial si se construyera utilizando un óxido de metal en lugar de un sulfuro de metal. A algunas personas de su grupo de investigación se les encargó encontrar un óxido metálico que produjera un alto voltaje cuando intercalaba iones de litio, pero que no colapsara cuando se eliminaran los iones.

Esta búsqueda sistemática fue más exitosa de lo que John Goodenough se había atrevido a esperar. La batería de Whittingham generaba más de

dos voltios, pero Goodenough descubrió que la batería con litio-óxido de cobalto en el cátodo era casi el doble de potente, a cuatro voltios.

Una clave para este éxito fue la constatación de John Goodenough de que las baterías no tenían que fabricarse en su estado cargado, como se había hecho anteriormente. En cambio, podrían ser cargadas después. En 1980, publicó el descubrimiento de este nuevo material de cátodo de alta densidad energética que, a pesar de su bajo peso dio como resultado baterías potentes de alta capacidad. Este fue un paso decisivo hacia la revolución inalámbrica.



Goodenough comenzó a usar óxido de cobalto en el cátodo de la batería de litio. Esto casi duplicó el potencial de la batería y la hizo mucho más poderosa.

Las compañías japonesas quieren baterías livianas para la nueva electrónica

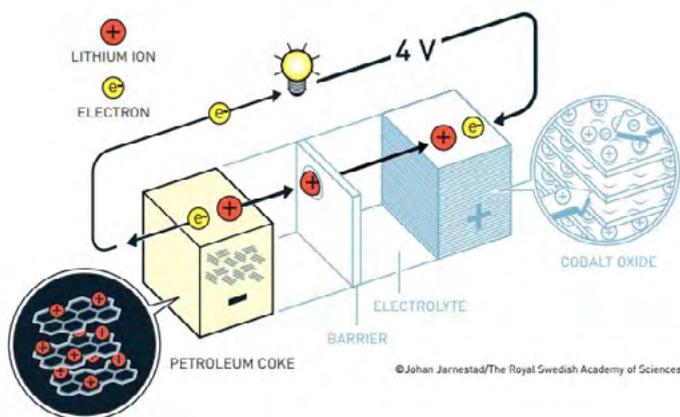
Sin embargo, en Occidente, a medida que el petróleo se volvió más barato, palideció el interés en inversiones en tecnología de energía alternativa y desarrollo de vehículos eléctricos. Las cosas eran diferentes en Japón; las compañías electrónicas estaban desesperadas por baterías livianas y recargables que pudieran alimentar productos electrónicos innovadores, tales como cámaras de video, teléfonos inalámbricos y computadoras. Una persona que vio esta necesidad fue Akira Yoshino de la Corporación Asahi Kasei. O como él lo expresó: «Simplemente olfateé la dirección en que se movían las tendencias. Se podría decir que tuve un buen olfato».

Yoshino construye la primera batería de iones de litio comercialmente viable

Cuando Akira Yoshino decidió desarrollar una batería recargable funcional, tenía como cátodo el de litio-óxido de cobalto de Goodenough y trató de usar varios materiales a base de carbono como el ánodo. Los in-

investigadores habían demostrado previamente que los iones litio podrían intercalarse en las capas moleculares del grafito, pero el electrolito de la batería descomponía el grafito. El momento Eureka! de Akira Yoshino llegó cuando intentó utilizar coque de petróleo, un subproducto de la industria petrolera. Cuando cargó el coque de petróleo con electrones, los iones de litio fueron absorbidos por el material. Entonces, cuando encendió la batería, los electrones y los iones litio fluyeron hacia el óxido de cobalto en el cátodo, que tiene un potencial mucho mayor.

La batería desarrollada por Akira Yoshino es estable, liviana, tiene una gran capacidad y produce unos notables cuatro voltios. La mayor ventaja de la batería de iones litio es que los iones están intercalados en los electrodos. La mayoría de las otras baterías se basan en reacciones químicas en las que los electrodos cambian lenta pero seguramente. Cuando se carga o usa una batería de iones litio, los iones fluyen entre los electrodos sin reaccionar con su entorno. Esto significa que la batería tiene una larga vida y se puede cargar cientos de veces antes de que su rendimiento se deteriore.



Akira Yoshino desarrolló la primera batería de iones litio comercialmente viable. Utilizó el litio-óxido de cobalto de Goodenough en el cátodo y en el ánodo usó un material de carbono, coque de petróleo, que también puede intercalar iones litio. La funcionalidad de la batería no está basada en una reacción química perjudicial. En cambio, los iones litio fluyen de un lado a otro entre los electrodos, lo que da a la batería una larga duración.

Otra gran ventaja es que la batería no tiene litio puro. En 1986, cuando Akira Yoshino estaba probando la seguridad de la batería, ejerció precaución y usó una instalación diseñada para probar dispositivos explosivos. Dejó caer un gran trozo de hierro sobre la batería, pero no pasó nada. Sin embargo, al repetir el experimento con una batería que contenía litio puro, hubo una violenta explosión.

Pasar las pruebas de seguridad fue fundamental para el futuro de la batería. Akira Yoshino dice que esto fue «el momento en que nació la

batería de iones litio».

La batería de iones litio: necesaria para una sociedad libre de combustibles fósiles

En 1991, una importante empresa de electrónica japonesa comenzó a vender las primeras baterías de iones litio, liderando una revolución en la electrónica. Los teléfonos móviles se redujeron, las computadoras se volvieron portátiles y fueron desarrollados los reproductores de MP3 y tabletas.

Posteriormente, los investigadores de todo el mundo han buscado en la tabla periódica a la cacería de baterías aún mejores, pero nadie ha logrado inventar algo que venza la alta capacidad y voltaje de la batería de iones litio. Sin embargo, esta batería ha sido cambiada y mejorada; entre otras cosas, John Goodenough ha reemplazado el óxido de cobalto con fosfato de hierro, lo que hace que la batería sea más ecológica.

Como casi todo lo demás, la producción de baterías de iones litio tiene un impacto en el medio ambiente, pero también hay enormes beneficios ambientales. La batería ha permitido el desarrollo de tecnologías de energía más limpia y vehículos eléctricos, contribuyendo así a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y partículas.

A través de su trabajo, John Goodenough, Stanley Whittingham y Akira Yoshino han creado las condiciones adecuadas para una sociedad inalámbrica y libre de combustibles fósiles, y por lo tanto han traído un mayor beneficio para la humanidad.

LECTURAS ADICIONALES

Información adicional sobre los premios de este año, incluyendo información científica en inglés, está disponible en el sitio de la Real Academia Sueca de Ciencias, www.kva.se, y en www.nobelprize.org, donde se pueden ver videos de las conferencias de prensa, las conferencias Nobel y más información.

Science Editors: Claes Gustafsson, Gunnar von Heijne, Olof Ramström, the Nobel Committee for Chemistry

Text: Ann Fernholm

Translator: Clare Barnes Illustrations: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Editor: Sara Gustafsson

©The Royal Swedish Academy of Sciences

Traducción al español de Luz Lastres Flores

Un poco de historia

CELEBRANDO LOS 100 AÑOS DE LA UNIÓN INTERNACIONAL DE LA QUÍMICA PURA Y APLICADA

María Gabriela Lorenzo

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: glorenzo@ffyb.uba.ar

Coincidiendo con las celebraciones por los 150 años de la Tabla Periódica de Mendeléyev, también se cumple un aniversario importante para la Unión Internacional de la Química Pura y Aplicada, conocida por todos como IUPAC por sus siglas en inglés: *International Union of Pure and Applied Chemistry*.

La IUPAC es heredera del Congreso de Karlsruhe, celebrado en mayo de 1860 en Alemania, donde por primera vez se reunieron 127 químicos de diversas ciudades. Actualmente se encuentra registrada en Zúrich, Suiza y su Secretaría administrativa, dirigida por la dirección ejecutiva de la IUPAC, se encuentra en los Estados Unidos. Está integrada por organizaciones nacionales de química, de ciencias u otros organismos que representen a los químicos. Además de las asociaciones de países desarrollados, también tienen representaciones en la IUPAC algunos países africanos y asiáticos, Costa Rica, Jamaica y Puerto Rico. En Sudamérica, las únicas oficinas asociadas a la IUPAC se encuentran en Montevideo, Uruguay y en Concepción, Chile. La Argentina no está representada en este organismo internacional (<https://iupac.org/who-we-are/nations-affiliated-with-iupac/>).

Para conocer más sobre esta importante organización de químicos, presentamos un reciente artículo publicado en volumen de julio-agosto del corriente año de la revista *L'actualité Chimique* N° 442 (pp. 31-33) de *Danielle Fauque*, presidente del Grupo de Historia de la Química de la Universidad de Paris Sur (danielle.fauque@u-psud.fr).

UNIÓN INTERNACIONAL DE LA QUÍMICA PURA Y APLICADA (IUPAC): UNA AVENTURA

Las reflexiones que siguen son el fruto de un largo compromiso con la historia de la IUPAC, a través de sus publicaciones y archivos. Muchas preguntas permanecen aún sin responder. ¿Será posible presentar una semblanza coherente de la Unión? ¿Qué imagen de la Unión tengo mientras escribo estas líneas? ¿Veo a la IUPAC esencialmente como una estructura organizacional que revela poco sobre los hombres y las mujeres detrás de la institución? ¿Y qué unidad subyacente podemos identificar entre la sorprendente diversidad de sus actividades? Estas preguntas, acerca de una organización con una complejidad inmensa, son más de lo que una simple persona podría responder. Sin embargo, lo que presentaré a continuación es necesariamente incompleto y producto de mis impresiones.

LA UNIÓN COMO UN CUERPO INTERNACIONAL

En 2019 la IUPAC cumple 100 años [1]. El 28 de julio de 1919 fue reconocida, junto con otras organizaciones de astronomía, geodesia y geofísica y radiotelecomunicaciones científicas, como parte constituyente del Consejo Internacional de Investigación (IRC- *International Research Council*). La misión de este Consejo era reorganizar la ciencia a nivel internacional a través de regulaciones y procesos adaptados a las diferentes disciplinas, con el fin de evitar la dispersión y duplicación de los esfuerzos.

Se reconoce a la IUPAC como sucesora de la Asociación Internacional de Sociedades Químicas (*International Association of Chemical Societies*, 1911-1919) y un producto específico de los ideales de la posguerra, considerando una alianza entre la ciencia y la industria, de modo tal que la ciencia pudiera trazar un futuro a ser concretado por la industria. Esta alianza, reflejaba el apoyo que recibían de la unión reciente entre las sociedades de química industrial de Francia y Gran Bretaña, considerando la decisión de la IUPAC de incluir tanto la química pura como la aplicada.

La IUPAC fue inicialmente creada como una unión entre los países que habían combatido del lado de los Aliados durante la guerra, y recién adquirió un carácter verdaderamente internacional en 1931, cuando el IRC fue reemplazado por el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU- *International Council of Scientific Unions*). Sin embargo, a lo largo de este recorrido ha habido cambios significativos. Por ejemplo, en 1930 la Unión ya había acertado su nombre a Unión Internacional de la Química (*International Union of Chemistry*). Y haciendo eso, también se estrecharon sus alcances a la química pura a la vez que se producía una ruptura de los vínculos explícitos con la industria, los cuales se consideraban lo suficientemente cubiertos por la realización de varios congresos

que se llevaban a cabo bajo sus auspicios.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la misma supervivencia de la Unión estuvo en duda. El ICSU, reconocido y financiado por la UNESCO como una fuerza para la paz mundial, encaró acercamientos de un número de nuevos comités, incluyendo algunos de química que amenazaban con dividir a la Unión. El resultado se vio en 1949 con una reestructuración en seis secciones disciplinares, posteriormente denominadas divisiones con sus correspondientes presidentes, quienes participaban como vicepresidentes de la Unión, lo que les otorgaba gran autonomía: Físicoquímica (I), Química Inorgánica (II), Química Orgánica (III), Química Biológica (IV), Química Analítica (V) y Química Aplicada (VI). El resultado fue un cuerpo que una vez más abarcaba a la totalidad de la química. Y así, recuperó su nombre original de Unión Internacional de la Química Pura y Aplicada, y fueron introducidas nuevas especialidades como la Química Macromolecular. La reestructuración de las comisiones continuó a través de las décadas de 1960 y 1970 en respuesta a las nuevas y revolucionarias técnicas analíticas como la Espectroscopía Infrarroja y la Resonancia Magnética Nuclear. También, el desarrollo de la Bioquímica y la Química Clínica fue la causa de frecuentes ajustes a las divisiones y comités permanentes durante los últimos años del siglo XX.

Otros desafíos yacían en los avances de la Química Aplicada y la Analítica, que hicieron necesaria una completa revisión de ambas divisiones. Desde los finales de la década de 1950, la recolección de críticas entre el público en general había contribuido a un sentimiento de la ciencia como una fuerza impulsora, para bien o para mal, de los cambios sociales. La Unión no tuvo elección y tuvo que atender a esas críticas y desarrollar experiencias compartidas con organismos inicialmente involucrados en áreas tales como educación, salud, nutrición y el desafío de la contaminación. Tal como el Presidente Jacques Bénard (1971-1973) insistió en su informe sobre el estado de la Unión: Si la IUPAC fuera creada en estos días, seguramente sería muy diferente; la compartimentalización original de acuerdo con las subdisciplinas tradicionales de la química ya no serían apropiadas [2]. Desde su punto de vista, a través de su historia, la Unión ha mostrado su capacidad de adaptación, y si no lo lograba, estaría condenada a la esterilidad. Y en cuestiones como esas, Bénard expresó sus preocupaciones que fueron discutidas al interior de la Unión haciendo que sus sucesores prestaran atención a sus advertencias.

LA IUPAC CONFRONTA SU HISTORIA

El movimiento para repensar a la IUPAC llevó a revisar los pensamientos sobre el pasado de la Unión. La historia de la IUPAC se convirtió en materia de discusión a comienzos de 1968. Cinco años antes, un miembro titular de la comisión de nomenclatura orgánica, Stig Veibel, ya había escrito un informe detallado que permaneció sin publicar hasta que cayó

en manos del editor de la *Química Internacional* (1983-1985), Roger Fennell, quien aceptó el desafío. Así, en 1994, publicó su *Historia de la IUPAC 1919-1987*, a la que le siguió un suplemento para los años 1988-1999 publicado por Stanley Brown (quien había sido presidente de la División de Química Clínica 1985-1987) en 2001. Es decir que ese trabajo sobre las primeras ocho décadas de la historia de la Unión coincide precisamente, con una exhaustiva revisión de su estructura. A lo largo de la década de 1990, la continua voluntad de reforma dejó su huella en las variadas propuestas que se discuten sobre la Química Internacional.

COMUNIDADES E INDIVIDUOS EN LA QUÍMICA

Todo esto me remonta a los químicos que han forjado la Unión, y cuyos desempeños son fácilmente ocultados en los informes oficiales. La IUPAC nunca ha dado prominencia a las contribuciones individuales y los informes sobre el trabajo de la Unión han tenido un carácter bastante anónimo.

El hecho es que la IUPAC ha sido, sobre todo, una comunidad de hombres y mujeres quienes han puesto el hombro y contribuyeron no solo con su conocimiento científico sino también con sus ideales y su fe en la química. Algunos han ocupado sucesivos puestos de responsabilidad por largos períodos. Entre sus presidentes figuran: Ernst Cohen (Países Bajos, 1925-1928), físico químico y multilingüe, hizo mucho por promover la transición de la IUPAC desde una coalición de países aliados a un cuerpo verdaderamente internacional; y, Marsten T. Bogert (Estados Unidos, 1938-1947), quien guió a la Unión durante los difíciles años de la guerra. También deberíamos recordar a William A. Noyes Jr. (Estados Unidos, 1959-1963), quien trabajó para que las oficinas de la Unión estuvieran abiertas para miembros de cualquier país; al primer presidente ruso, Victor Kondratiev (1967-1969, años decisivos para la Unión); y al visionario Harold W. Thompson (Reino Unido, 1973-1975), quien inspirara la creación de nuevos departamentos entre 1957 y 1975, incluyendo el establecimiento de la Comisión Triple para la Espectroscopía (*Triple Commission for Spectroscopy*), una aventura conjunta con las Uniones de Física y de Astronomía, y en 1960, la publicación de la revista de la Química Pura y Aplicada (*Journal Pure and Applied Chemistry*).

La secretaría general también ha jugado un rol crucial, especialmente debido a las secuelas de las dos grandes guerras mundiales. Primero, después de la Gran Guerra, cuando Jean Gérdad (1919-1944) sentó las bases de lo que rápidamente surgió como una importante Unión entre guerras. Luego, después de la Segunda Guerra Mundial, Raymond Delaby (1945-1955) condujo el relanzamiento de la Unión en un contexto de reconciliación que sirvió para mantener la unidad a pesar de las presiones que hubieran alejado a ciertos grupos de químicos y especialistas.

Sería imposible mencionar a todos los miembros que tanto han hecho para promover las relaciones en una atmósfera basada en el respeto mutuo. Con el pasar de los años, muchas relaciones personales y amistades han sido golpeadas en el contexto de los debates sobre asuntos potencialmente divisivos como la nomenclatura, terminología, símbolos y procedimientos analíticos. Lejos de ser incidental, estos hechos han jugado su parte en la resolución de las diferencias que se han pasado por alto en los informes y publicaciones, aunque han quedado claramente visibles en los archivos. En realidad, en los momentos difíciles, la firmeza y la diplomacia, han ido de la mano de la cordialidad, lo que ha ayudado a lograr una solución aceptable para todos los interesados.

CONTINUIDAD Y CAMBIO

Como hemos visto en el último medio siglo de la Unión, se destacan dos puntos de inflexión: el primero, el establecimiento de una secretaría permanente en Oxford en 1968, y segundo, la mudanza al Parque de Investigación del Triángulo (*Research Triangle Park*) en Carolina del Norte en 1997 y el consiguiente depósito de los archivos de la IUPAC en la Fundación del Patrimonio Químico en Filadelfia, conocido actualmente como el Instituto de Historia de la Ciencia (*Science History Institute*). En el período de transición entre estos dos sucesos, se dio una gran importancia a los comités permanentes (CTC, CHEMRAWN, COCI...) asociado al reconocimiento de las implicaciones sociales y ambientales de la química.

El primer punto coincidió con una mayor participación de la IUPAC en organizaciones internacionales que recurrían a su experiencia para la realización de ciertas tareas, especialmente administrativas. Durante el segundo momento, que alcanza hasta los comienzos del siglo XXI, se reestructuró la Unión luego de años de debate.

Los archivos de la IUPAC permiten rastrear su funcionamiento interno. A partir de 1990, el advenimiento de la mensajería electrónica transformó tanto los procedimientos administrativos como las relaciones entre sus miembros. En cierto sentido, esto dificulta la tarea del historiador, ya que es difícil acceder a los registros debido a que hoy en día, los miembros van almacenando en sus propios dispositivos informáticos, y finalmente, se pierden al finalizar los mandatos y en las mudanzas de las oficinas. Dado que no puede describirse el funcionamiento solo a partir de publicaciones, esto es algo que debería tenerse en cuenta para tomar las medidas precautorias necesarias, si se quiere registrar y preservar la historia de los próximos cien años de la IUPAC, para no arrepentirse luego, de modo de gestionar los archivos del siglo XXI de esta gran organización.

En este sentido, las Organizaciones Nacionales Adheridas (NAOs- *Natio-*

nal Adhering Organizations) podrían jugar un papel crucial como vehículos para preservar archivos a escala nacional. Y sin duda deberíamos aprovechar la oportunidad de registrar los relatos orales de muchos actores de la Unión, especialmente de aquellos quienes han contribuido a los cambios de las últimas décadas.

Si bien, la Unión podría considerarse alejada a la vida cotidiana, dos de sus decisiones nos hablan de su importancia: la decisión de adoptar al carbono 12 como base para los pesos atómicos, en 1961; y, diez años más tarde, la adopción del mol como base para la unidad del Sistema Internacional.

Superando las barreras del lenguaje y dejando de lado las diferencias políticas y las consideraciones acerca de la raza y la religión, los hombres y mujeres de la IUPAC, les han dado a los químicos su vocabulario con sus reglas. Sin embargo, en este centenario, les dejo a los miembros esta reflexión: nunca deberíamos olvidar, que lo que hoy es presente, mañana será pasado.

NOTAS DE LA AUTORA

[1] Chemistry International, 2019, 41/3 (July-September, special centenary issue), p. 1-58. [2] Bénard J., President's report on the State of the Union, in Agenda for XXVII Council Meeting, Munich, 1973. Also, in French: Rapport général du Président J. Bénard sur l'état de l'Union, L'Act. Chim., oct. 1973, p. 7-13. [3] Jortner J., Future mission, goals and functions of IUPAC, Chem. Int., 1998, 20(1), p. 1-2; IUPAC adopts strategic plan, Chem. Int., 1998, 20(2), p. 21-24; Strategy development and Implementation Committee, Report to the Executive Committee, Chem. Int., 1998, 20(3), p. 55-76; Becker E.D., Secretary General's Report, Chem. Int., 1998, 20(6), p. 165-167.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.lactualitechimique.org/Union-Internationale-de-Chimie-Pure-et-Appliquee-UICPA-une-aventure>

Un poco de historia

RECORDANDO ORÍGENES: A 60 AÑOS DEL INSTITUTO DE CIENCIAS QUÍMICAS

Natalia Pacioni

Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Químicas

E-mail: naticba28@gmail.com

La identidad de una Institución se va forjando desde sus inicios. Esta reseña se enfoca en los primeros pasos que dieron lugar a lo que hoy, 60 años después es la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba.

El nacimiento de esta Unidad Académica tuvo lugar en un período (1959-1971) particular en la historia de la Argentina. En poco más de una década, el país se columpió entre gobiernos democráticos y dictaduras, cuyas presidencias correspondieron a Frondizi (1958- 1962), Guido (1962-1963), Illia (1963-1966) y Onganía (1966-1973).

Sin embargo, no solo a nivel de la administración política el país atravesaba por momentos peculiares, también a niveles de las instituciones académicas se observaban procesos importantes. Aquí, se brinda una visión panorámica de las principales situaciones o eventos que gestaron el surgimiento de la Facultad de Ciencias Químicas, los personajes más relevantes y la organización institucional que marca la identidad actual de esta casa de estudios. Quiero agradecer y destacar que las entrevistas personales constituyeron un recurso fundamental para contar esta historia, y además disculparme si omito, por mi ignorancia, mencionar a alguien.

Tal como escribió Prego en su obra, ...la Universidad argentina exhibió desde su mismo origen una marcada orientación de carácter profesionalista, que la convirtiera básicamente en un lugar de circulación y no de producción de conocimientos. Este carácter también era el predominante en el ámbito de la Universidad Nacional de Córdoba. Por aquel tiempo (1958), la actual Facultad de Ciencias Químicas, dependía de la Facultad de Ciencias Médicas constituyendo lo que se conocía como Escuela de Farmacia y Bioquímica. Las carreras de Farmacia y Bioquímica no eran independientes entre sí, sino que primero se cursaban cuatro años en la carrera de Farmacia y luego otro denominado de Doctorado en Farmacia y Bioquímica (vigente desde 1936). Al igual que en otras unidades aca-

démicas, la estructuración de la Escuela era por Cátedras. La mayoría de los profesores eran profesionales del medio, y la investigación era muy escasa. La profesionalización académica era prácticamente inexistente (de manera similar a lo que ocurría en el resto del país) y no era vista positivamente en este ámbito.

Por 1956, se extendía por los ámbitos universitarios nacionales una disconformidad por las políticas del Ministerio de Educación, llevando a una toma generalizada de las facultades. En la UNC esto provocó que cesara en su cargo de Rector el Dr. Agustín Caeiro, y fuera designado el Dr. Jorge Núñez, quien a su vez nombró Secretario General al Bioq. Alberto Aníbal Sanguinetti, y aquí aparece en escena uno de los primeros personajes relevantes para el cambio.

Sanguinetti, quien estaba a cargo de la reorganización de la Escuela de Farmacia y Bioquímica, consideraba que hacía falta disponer de gente joven y con dedicación plena a la docencia y a la investigación. Asesorado por el Dr. Venancio Deulefeu, de la UBA, contrató los servicios del Dr. Antonio T. D'Arcangelo, uno de los mejores en Química Orgánica en el país quien junto al Dr. Alejandro Martin (Química Clínica) fueron los primeros profesores designados con carácter de dedicación exclusiva. Sanguinetti fue, además, uno de los principales impulsores en las negociaciones o conversaciones, particularmente con los profesores Busciglio, Helman, D'Arcangelo, Dr Martin y el Dr. Severo Paglini (Prof. en Química Analítica) para la transformación de la Escuela en Facultad. Entre los principales problemas que se consideraban en ese momento, figuraban la provisión de laboratorios adecuados, la creación de una biblioteca especializada, la modificación de los planes de estudios para actualizar las carreras que se cursaban y la organización del trabajo de investigación.

En septiembre de 1957 se eleva ante el Consejo Directivo de Medicina un proyecto para la creación de la Facultad de Ciencias Químicas en base a la entonces Escuela de Farmacia y Bioquímica. Esta inquietud fue plasmada primeramente por los miembros del Centro de Estudiantes de Farmacia y Bioquímica, y apoyada por el egresado Farm. Ángeli. El proyecto contemplaba la separación de las carreras de Farmacia y Bioquímica, así como propiciaba, con los antecedentes de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA, el método de estudios por cuatrimestres, la inscripción por materia y la dirección departamental. El correspondiente despacho fue elevado finalmente por los estudiantes Cesar Vallana y Eduardo Staricco, junto con los profesores Dr. Busciglio, Ing. Agr. Hunzicker y el Dr. D'Arcangelo y por egresados, el Dr. Escalante. Este proyecto fue aprobado por el precitado Consejo Directivo de Medicina con su decano el Dr. Juan Martin Allende a fines de 1957 y elevado al Consejo Superior quien lo aprueba en 1958 (en los últimos meses del rectorado del Dr. León) y se convoca a la Asamblea Universitaria. Fi-

nalmente, en la Asamblea Universitaria del 28 de abril de 1959 bajo el rectorado del Dr. Orgaz se ordena la separación de la Facultad de Ciencias Médicas, de la entonces Escuela de Farmacia y Bioquímica pasando a depender del Consejo Superior con carácter de Instituto de Ciencias Químicas bajo la dirección de Sanguinetti hasta tanto cumpliera con los requisitos necesarios para ser nombrada Facultad, lo que incluía contar con una dada cantidad de profesores regulares.

En sus inicios, el Instituto aun continuaba funcionando en las instalaciones de Obispo Trejo 241, las cuales resultaban insuficientes para las necesidades que planteaba la nueva organización institucional. Por su parte, la creación de la Biblioteca de Ciencias Químicas fue un paso muy importante (se destaca aquí la labor cumplida por el Ing. Hunzicker dentro de la Comisión de Biblioteca) ya que, al poco tiempo, constituiría una de las pocas bibliotecas especializadas del interior del país.

Al principio, en el Instituto se continuó con la estructura de Cátedras, pero en la organización del Instituto comenzaba a prevalecer la necesidad de contar con personas capacitadas para constituir los futuros docentes e investigadores con dedicación exclusiva, por lo que se impulsaba la formación de los jóvenes en carreras de posgrado en Buenos Aires y en el exterior. Así, por ejemplo, con la ayuda de las becas otorgadas por CONICET (de reciente creación), los Dres. Eduardo Staricco y Ester Ramondelli reciben becas para realizar sus investigaciones de doctorado en La Plata bajo la dirección del Prof. Schumacher. Curiosamente, si bien realizaron los estudios en La Plata, la universidad que otorgo el título fue la UNC ya que (excepto en la UBA) la tesis debía ser defendida en la universidad donde se había obtenido el título de grado. Otros que fueron a formarse fuera de Córdoba fueron el Dr. Vallanas, el Dr. Bertorello y la Dra Martínez.

Hasta aquí (1959-1961), los primeros pasos hacia una profunda profesionalización académica se estaban comenzando a dar. Jóvenes eran alentados a formarse fuera de la UNC con la idea de que retornaran para ser los responsables de la formación de más recursos humanos especializados que trabajaran en el ámbito académico. Las carreras de Farmacia y Bioquímica se cursaban por separado, contando con un ciclo básico común, luego del cual se elegía la orientación más afín. Sin embargo, aún no existía la carrera de Licenciatura (con un perfil más orientado a la investigación). Por otra parte, además de profesionales del ámbito cordobés, varios de los profesores que dictaban los cursos del ciclo básico pertenecían a la Facultad de Ciencias Exactas de Buenos Aires, entre ellos se destacaba la participación del Dr. Raúl Negrotti. Negrotti entusiasmó a algunos de los alumnos a realizar el ciclo básico en Córdoba y luego cursar la licenciatura en la UBA, mediante un convenio o acuerdo que existía entre ambas instituciones. Entre estos alumnos se

encontraba el Dr. Vicente Macagno.

Uno de los mayores impulsos a la investigación dentro del Instituto se dio con la incorporación del Dr. Ranwell Caputto, quien desde 1953 se encontraba en Estados Unidos y era un investigador de gran prestigio. En su visita al país, en 1961, para dictar un curso de posgrado en la Facultad de Ciencias Médicas (UNC), se concretaron las tratativas que mantenía con el Dr. Sanguinetti para propiciar su retorno al país, y formar el Departamento de Química Biológica. Caputto era fiel partidario de la dedicación exclusiva a la investigación. El regreso definitivo fue en 1963, donde comenzó la organización del precitado departamento en instalaciones de la Ciudad Universitaria (en el flanco izquierdo del actual Pabellón Argentina). Entre los primeros colaboradores que conformaron el grupo del Dr. Caputto cabe mencionar al Dr. Héctor S. Barra y el Dr. Federico A. Cumar, quienes eran miembros de la Cátedra que hasta ese momento dirigía el Dr. Armando Mariani, además de algunos de los primeros egresados del flamante Instituto (Dra. A. H. Rubiolo, Dr. H. J. Maccioni y Dr. A. Arce).

A fines de 1963, también regresó el Dr. Staricco que acababa de realizar un postdoctorado en Alemania, por lo que se crea y se lo pone a cargo de la dirección del Departamento de Físicoquímica.

Posteriormente, por algunos acontecimientos se dio lugar a la renuncia de Sanguinetti, quien decidió presentarla con la condición de que su sucesor fuera elegido por los profesores del Instituto que sumaban un total de once. La votación favoreció al Dr. Caputto, por seis votos a cinco, quien comenzó sus funciones como director del Instituto en 1964.

La era Caputto marcó la estructuración final del Instituto que ya se venía gestando y que forjó la identidad de la Facultad de Ciencias Químicas. Se creó el Departamento de Química Orgánica, al cual se incorporó el ya mencionado Dr. Bertorello y la Dra Martínez, y el de Farmacología, a cargo del Dr. Iván Izquierdo (actualmente en Brasil) y al que se incorporaría el Dr Otto Orsingher. De esta manera, el Instituto de Ciencias Químicas contaba con una estructura completamente departamentalizada, algo no muy común por aquellos años, pero que se había comenzado a gestar en otros centros también. Años más tarde se formarían también el de Dpto de Farmacia (dirigido por Dr. Héctor Juliani) y donde se incorporaría la Dra. Martínez, y el de Bioquímica Clínica (impulsado por el Dr. Giantorno).

Durante su gestión, otro de los cambios importantes se encontraron las modificaciones en los planes de estudios, creándose las licenciaturas para ser dictadas completamente en Córdoba y la carrera de Doctorado. Otro de los rasgos que llamaron la atención en su momento, fue reservar el llamado a concurso de los cargos docentes (necesarios para

convertirse en Facultad) hasta tanto no se contara con candidatos apropiados según sus méritos académicos. Todos estos cambios, respecto a lo que era tradicional en el sistema educativo universitario, provocaban fuertes resistencias de los sectores más tradicionalistas.

La transformación de la Escuela de Farmacia y Bioquímica, en Facultad de Ciencias Químicas fue un proceso que demandó más de una década. Por una parte, requirió su separación de la Facultad de Ciencias Médicas, obtenida gracias a la motivación de los jóvenes estudiantes y de uno de los principales actores en esta historia, el Bioq. Aníbal Sanguinetti. Por otro lado, una vez convertida en Instituto, comenzó a forjar una identidad diferente a la tradición universitaria de fuerte carácter profesionalista, imperante por esos años. Tal es así, que sus bases desde los comienzos fueron marcadamente obtener una estructura Departamental, despegándose de las tradicionales Cátedras, y realizar investigación y docencia de manera exclusiva (pasando de contar, en 1957, con un solo profesor de dedicación exclusiva, a tener en 1965, el 68% de su planta con esta dedicación). Esto constituía un desafío para la época y fue, en gran medida, logrado gracias a la dirigencia del Dr. Caputto.

La Facultad en sus inicios se caracterizó por el arduo trabajo de sus miembros para obtener un fin común y con una marcada ideología como institución, la de crecer desde adentro.

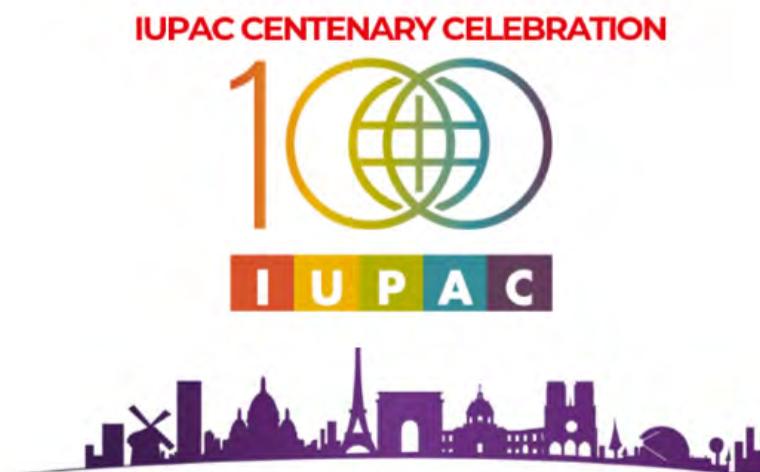
Informaciones y novedades

VISITANDO CONGRESOS

UNA QUÍMICA SIN FRONTERAS PARA LA CREACIÓN DE UN NUEVO FUTURO. CELEBRANDO LOS 100 AÑOS DE LA IUPAC EN PARIS

Reseña realizada por la Dra. María Gabriela Lorenzo, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: glorenzoffyb@gmail.com



LA QUÍMICA CELEBRA

El 2019 es un año de muchos acontecimientos importantes. Además de celebrar los 150 años desde la aparición de la primera tabla periódica por Dimitri Mendeléyev, también se cumplieron los 100 años de la creación de la IUPAC (<https://iupac.org/>)

La IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) o Unión de la Química Pura y Aplicada es un organismo internacional de la que forman parte las sociedades nacionales de química de cada país. Está formada por químicos provenientes de las universidades y de la industria, que ya desde finales del siglo XIX comprendieron la importancia de la estandarización de pesos, medidas, nombres y símbolos para dar continuidad tanto al desarrollo científico como a las cuestiones vinculadas al

comercio internacional. Actualmente son miembros 57 Organizaciones Nacionales, y otros cuatro países adheridos en calidad de Organizaciones Nacionales Asociadas. Los únicos países sudamericanos que forman parte de la IUPAC en estos momentos son Uruguay y Chile.

La IUPAC es un organismo no gubernamental donde convergen los principales avances en ciencias químicas de todo el mundo y contribuye a la aplicación de la química al servicio de la humanidad. Cuenta con distintas divisiones como se aprecia en la Figura 1, donde aparecen los "distintos tipos de química" pero también algunas formas diferentes de entender la química como por ejemplo "La química aplicada a las necesidades del mundo", "La química y la salud humana" y la "Educación Química".



Figura 1. Divisiones de la IUPAC

Bajo el lema "*Frontiers of Chemistry: Let's create our Future! 100 years with IUPAC*" (Fronteras de la Química: ¡Vamos a crear el futuro! 100 años con la IUPAC), del 5 al 12 de julio de 2019, se celebró su 47º Congreso Mundial en la ciudad de París, Francia, en conmemoración del centenario de su creación. El eje del congreso resultó superador a la mirada tradicional de la química, presentándola como una disciplina vinculada a muchos otros campos, resaltando su importancia como ciencia que permite abordar los problemas más desafiantes de la actualidad, especialmente en lo que se refiere al bienestar humano y al desarrollo sostenible.

Haciendo énfasis en este punto, aparecían las palabras del Premio Nobel de Química, 1987, Jean-Marie Lehn quien afirmaba que: "La química no es solamente una ciencia y una industria, tiene sobre todo un poder

altamente creativo, es una suerte de arte". En torno a este concepto general, los temas globales incluidos en el congreso fueron: *Química y...*

- Vida
- Energía y recursos
- Ambiente
- Sostenibilidad
- Sociedad
- Educación

El Congreso incluyó 9 Temas, 31 Simposios, 90 Sesiones, 8 Conferencias. Entre los conferencistas y otros ponentes invitados se presentaron siete ganadores de los Premios Nobel y seis CEOs de compañías químicas de nivel internacional.

Los participantes del congreso representaron a 60 nacionalidades diferentes. Hubo 900 trabajos presentados como ponencias orales, 2000 en la modalidad poster y otras 250 presentaciones a cargo de especialistas invitados. Se les dio una importancia destacada a los roles de los jóvenes en la ciencia y particularmente, a las mujeres en química.

El Simposio Química y Educación, al cual le dedicaron un día y medio en simultáneo con otras actividades y temas, estuvo orientado a lograr una inserción de la educación química en el siglo 21 que se ajuste a la evolución de la sociedad y a las expectativas de los estudiantes, y que además incluya los resultados de las nuevas investigaciones, tanto en química como en educación química. Este estuvo compuesto de tres secciones: 1) La relación entre la educación química y la sociedad, 2) Herramientas en educación en química; y, 3) El desarrollo de la educación.

En la primera de las secciones, las ponencias estuvieron orientadas a posibles innovaciones en la enseñanza de la química, siempre atendiendo al contexto y a la sostenibilidad, y también cuestiones vinculadas a la nanotecnología, tecnologías de la comunicación, química verde y cuestiones sociocientíficas.

En la segunda, la mirada estuvo puesta especialmente sobre el trabajo en el laboratorio de química y a la incorporación de tecnologías digitales, como realidad virtual y aumentada, y el diseño y uso de sitios web con actividades interactivas. De esta manera, se tuvieron en cuenta algunos de los cambios que se han propuesto para repensar el lugar del trabajo y del saber hacer en los laboratorios, revisando las nuevas metas de esta enseñanza, y cuestionando la forma en que las nuevas tecnologías podrían ser usadas para mejorar la educación química.

La tercera sección que tuvo lugar el martes 9 de julio por la tarde, fue

sin dudas la más interesante (Figura 2). Esta apuntó a la necesidad creciente de fomentar el interés por la química de los estudiantes en el nivel medio; y, por tanto, a pensar formas renovadas para la enseñanza de la química.



Figura 2. Pleno de la tercera sección de educación

Allí, la reconocida especialista en educación química, Sibel Erduran de la Universidad de Oxford (RU) (Figura 3) planteó la importancia de la argumentación para la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de la química (se puede acceder a su resumen en: <https://hopscotch.ke-y4events.com/AbstractList.aspx?e=141ypreview=1yaig=-1yai=7413>).



Figura 3. Prof. Sibel Erduran

Otro trabajo que merece destacarse es el presentado por Mustafá Sozibilir, un investigador de la Universidad de Atatürk (Turquía) sobre la

enseñanza del lenguaje simbólico de la química a estudiantes ciegos empleando recursos táctiles (<https://hopscotch.key4events.com/AbstractList.aspx?e=141ypreview=1yai=-1yai=9026>). También se resaltó la importancia de la formación de los profesores de química, el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los docentes auxiliares en la universidad y sobre todo, la necesidad de fomentar el trabajo cooperativo entre profesores en comunidades de aprendizaje por Rachel Mamlok-Naman, del Weizmann Institute of Science de Israel (<https://hopscotch.key4events.com/AbstractList.aspx?e=141ypreview=1yai=-1yai=7497>).

UNA REFLEXIÓN PARA EL CIERRE

Todo congreso o reunión de estas características ofrece una oportunidad única para informarse, para integrarse al mundo, para conocer los avances en los campos, y también, para darle visibilidad al trabajo de uno, que en definitiva, es el resultado del trabajo en equipo con otros investigadores, gracias al financiamiento obtenido con fondos públicos de las instituciones a las cuales pertenecemos. Lamentablemente, la presencia de trabajos argentinos en este importante congreso mundial fue muy pobre. Esperemos que en un futuro no muy lejano, podamos participar de la IUPAC y de otros organismos similares con la altura y la calidad que la ciencia y los científicos argentinos son capaces de lograr.

AGRADECIMIENTOS

Nuestra participación en el congreso fue posible gracias al financiamiento de los siguientes proyectos: PIP 11220130100609CO (2014-2016); PICT-2015-0044 y UBACYT 20020130100592BA (2014-2017).

XIII CONFERENCIA DE LA ASOCIACIÓN EUROPEA DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS (ESERA 19)

Reseña realizada por la Dra. Leticia García, Universidad Nacional de Córdoba-CONICET

E-mail: leticia.garcia@unc.edu.ar

Durante los días 26 al 30 de agosto de 2019 se celebró la XIII Conferencia de la Asociación Europea de Investigación en Educación en Ciencias (ESERA 19) bajo el lema "La belleza y el placer del conocimiento: compromiso con los desafíos contemporáneos a través de la educación en ciencias" realizado en la ciudad de Bolonia (Italia). En la inauguración del congreso se remarcó la idea central de dicho lema a través de dos interrogantes: cómo podemos, como investigadores en educación en ciencias, aportar a la preparación de las nuevas generaciones para los desafíos contemporáneos y qué contribución puede hacer un congreso al respecto de esta cuestión. Para esto, se propuso a todos los participantes renovar los debates del área y formar redes de trabajo conjunto.



Figura 1. Palabras de apertura del congreso a cargo de la Dra. Olivia Levrini de la Universidad de Bolonia, Italia.

El congreso contó con la participación de más 1500 participantes de 58 países. Los países con mayor cantidad de asistentes fueron Alemania, Estados Unidos, Suecia y España. Un 63% de los participantes provino de Europa y un 37% de fuera del continente europeo.

Se desarrollaron cinco conferencias y un panel plenario. La conferencia inaugural estuvo a cargo de Igal Galili (Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel) quien profundizó en el valor del lema del congreso. La segunda conferencia, desarrollada por Andri Snær Magnason (escritor, Islandia) abordó la problemática del cambio climático global (Figura 2). La tercera conferencia, a cargo de Bruce Sherin (Universidad de Northwestern, Estados Unidos) abordó síntesis y sinergias entre la investigación y las prácticas de la educación en ciencias desde la perspectiva del cambio conceptual. La cuarta conferencia estuvo a cargo de Corrado Sinigaglia (Universidad de Milano, Italia) y Tamer Amin (Universidad Americana de Beirut, Líbano) quienes establecieron relaciones entre neurociencia y educación en ciencias. En la quinta conferencia, Maria Evagorou (Universidad de Nicosia, Chipre) y Jan Alexis Nielsen (Universidad de Copenhague, Dinamarca) desarrollaron nuevas perspectivas para abordar temáticas sociocientíficas en las aulas. Finalmente, se llevó a cabo un panel plenario que abordó los desafíos y avances de la educación científica en contextos multiculturales y multilingüísticos en la que participaron Saouma BouJaoude (Universidad Americana de Beirut, Líbano), Mariona Espinet, (Universidad Autónoma de Barcelona), Sonya N. Martin (Universidad Nacional de Seúl, Corea), Audrey Msimanga (Universidad de Witwatersrand, Johannesburgo, Sudáfrica) y Alberto J. Rodriguez (Universidad Purdue, Estados Unidos).

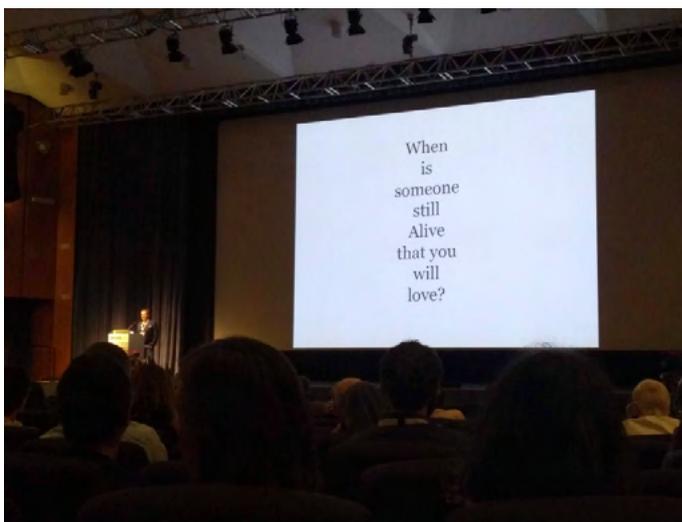


Figura 2. Conferencia de Andri Snær Magnason (Islandia).

Además, se realizaron 65 simposios de los cuales 13 fueron organizados por invitación del congreso. Los simposios estuvieron a cargo de expertos en diferentes áreas de estudio y permitieron reconocer el valor del trabajo interdisciplinario, comparar el grado de avance en diferentes tópicos según áreas geográficas, entre otras cuestiones.

Asimismo, los docentes, investigadores y estudiantes participantes presentaron 824 presentaciones orales y 410 pósteres, todos organizados en 18

líneas temáticas (Tabla 1). Si bien todas las líneas tuvieron una representación importante en cuanto a número de trabajos presentados, se destaca que las líneas temáticas con mayor cantidad de instancias de presentación fueron las siguientes: 1) formación docente inicial; 2) formación docente y desarrollo profesional continuos y 3) aprender ciencias: comprensión conceptual.

Nº	Línea temática
1	Aprender ciencias: comprensión conceptual
2	Aprender ciencias: aspectos cognitivos, afectivos y sociales.
3	Procesos de enseñanza de las ciencias
4	Recursos digitales para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias
5	Secuencias de enseñanza y aprendizaje como innovaciones para la educación en ciencias
6	Naturaleza de la ciencia: Historia, Filosofía y Sociología de las ciencias
7	Discurso y argumentación en educación en ciencias
8	Alfabetización científica y temáticas sociocientíficas.
9	Educación en ciencias vinculada con el ambiente, la salud y las actividades fuera de la escuela.
10	Currículo científico y políticas educativas
11	Evaluación del aprendizaje y desarrollo de los estudiantes.
12	Temáticas culturales, sociales y de género en la educación científica y tecnológica.
13	Formación docente inicial
14	Formación docente y desarrollo profesional continuos.
15	Educación científica en los primeros años de vida.
16	Ciencia en la escuela primaria.
17	Educación científica en la universidad.
18	Perspectivas metodológicas en la investigación en educación en ciencias.

Tabla 1. Líneas temáticas del congreso.

Se subraya además que se realizaron 11 talleres relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación que presentaron recursos vinculados a la realidad aumentada, la gamificación y el desarrollo de juegos interactivos.

NUESTRA PARTICIPACIÓN EN EL CONGRESO

El grupo EDUCEVA-CienciaTIC de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba presentó dos trabajos en la línea de trabajo N° 4: "Recursos digitales para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias". Uno de ellos abordó el potencial de aplicaciones móviles de genética y el otro de aplicaciones móviles de ecología para su uso en escuelas secundarias (Figura 3).

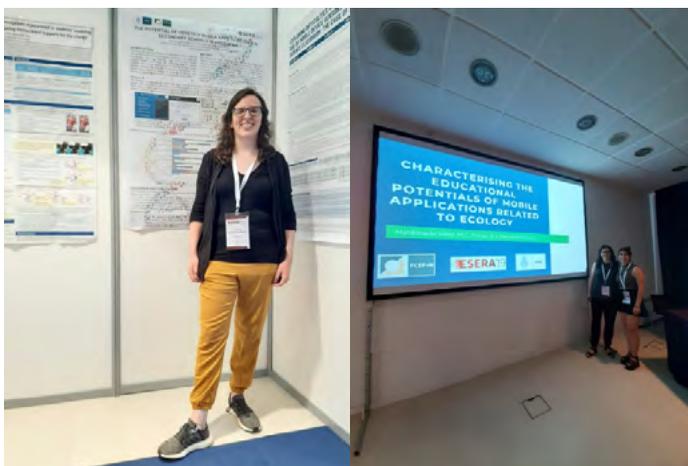


Figura 3. Integrantes del Grupo de Investigación EDUCEVA-CienciaTIC en la presentación de pósters y la presentación oral del equipo.

PRÓXIMO CONGRESO

Durante el acto de cierre se anunció la celebración de la próxima edición del congreso desde el 30 de agosto al 3 de septiembre de 2021, en Braga, Portugal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los aportes económicos para la participación en el congreso al proyecto de investigación CONSOLIDAR "Prácticas Científicas en Educación en Biología Mediadas por Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)" subsidiado por la SECyT-UNC (2018-2021).

APRENDIENDO A INVESTIGAR EN EDUCACIÓN DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

Escuela CONGRIDEC 2019 "Dialogando entre Investigadores Latinoamericanos en Formación en Didáctica de las Ciencias Naturales y la Tecnología"

Reseña realizada por la Prof. María Belén Manfredi, Universidad Nacional del Litoral-CONICET y el MSc. Juan Manuel Rudi, Universidad Nacional del Litoral.

E-mails: mbmanfredi@fcb.unl.edu.ar, jmrudi@fcb.unl.edu.ar

Durante los días 17, 18 y 19 de septiembre del corriente año se llevó a cabo en la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires, la tercera edición de la Escuela de Posgrado del Consorcio Nacional de Grupos de Investigación en Educación en Ciencias (CONGRIDEC) 2019, bajo el lema "Dialogando entre Investigadores Latinoamericanos en Formación en Didáctica de las Ciencias Naturales y la Tecnología" (Figura 1).



Figura 1: A la izquierda, logo del Consorcio Nacional de Grupos de Investigación en Educación en Ciencias. A la derecha, la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, sede del evento (foto recuperada de: <https://lu32.com.ar/nota/64186/inscriben-a-las-carreras-de-la-facultad-de-ingenieria->).

El CONGRIDEC está formado por representantes de diferentes agrupaciones de investigadores y docentes universitarios y/o educación superior de instituciones de gestión estatal o privada de la República Argentina, y posee la misión de consolidar y fortalecer las relaciones entre quienes se encuentran desarrollando proyectos de investigación en el campo de la educación científica. En esta ocasión, el Consorcio organizó la Escuela junto a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), sede del encuentro, contando con la colaboración del Centro de Investigación y Apoyo a la Educa-

ción Científica (CIAEC) y la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral (UNL).

Desde sus inicios, allá por el año 2016, la Escuela pretende constituirse en un espacio de encuentro regular donde estudiantes de posgrado de distintas universidades argentinas y latinoamericanas tengan la oportunidad de acceder a instancias de actualizaciones teóricas y metodológicas relacionadas a la investigación en el campo de la Educación de las Ciencias Experimentales. En ella, pueden comunicar los avances de sus trabajos en un ámbito que les permita, a su vez, establecer vínculos con investigadores formados y con pares en proceso de formación. En esta edición, como su lema lo indica, el diálogo entre investigadores en formación fue la principal consigna que buscó plasmar la realización de esta Escuela.

ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN

En la escuela participaron un total de veintinueve estudiantes de maestría y doctorado pertenecientes a universidades de distintas regiones del país como son la Universidad Nacional de Quilmes, Universidad Nacional del Litoral, Universidad Nacional de La Plata, Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional del Comahue, Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Rosario y, por supuesto, la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, anfitriona del evento.

Por tratarse de uno de los requisitos de inscripción al encuentro, tesis y becarios debieron presentar un resumen extendido que describa el trabajo de investigación en el marco de la carrera de posgrado en la que está inscripto. El mismo debió detallar la línea de investigación en curso, los objetivos del trabajo, el problema de investigación y la metodología propuesta.

Como resultado, se presentaron, entre planes de tesis e investigaciones con resultados de avance, veintinueve trabajos. Del total de ellos, once abordaron investigaciones relacionadas con el área de Educación de la Química en el nivel medio y superior. El resto de los trabajos se correspondía a investigaciones sobre Educación de la Física, Biología y Educación Ambiental.

ACERCA DE LAS ACTIVIDADES

Las palabras de bienvenida a los participantes estuvieron a cargo del Decano de la Facultad de Ingeniería, Ing. Marcelo Spina, y de la Dra. Adriana Rocha, Directora del Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (GIDCE-UNCPBA-CONICET) de dicha casa de estudios, quienes destacaron la importancia de la realización de este tipo de actividades para promover la comunicación entre investigadores del área educativa.

El primer taller grupal estuvo a cargo de la Dra. Bettina Bravo, integrante del GIDCE, y se tituló "Estudiar el proceso de aprendizaje; un abordaje metodológico". El mismo comenzó explicando las diferencias existentes entre el conocimiento intuitivo y el conocimiento científico, abordados desde el punto de vista de la psicología cognitiva, para luego discutir cómo se relacionan los mismos durante el proceso de aprendizaje. El trabajo grupal se centró en analizar respuestas de estudiantes de nivel primario, obtenidas en un trabajo de investigación previo que estudió las características del aprendizaje cuando el mismo es guiado a través de una metodología de enseñanza especialmente diseñada para tal fin, agrupando las respuestas en diferentes categorías y analizando las frecuencias de las misma empleando el software *Infostat*. Por la tarde, el segundo taller "Comunicación de resultados de investigación en reuniones científicas", dictado por la Dra. Gabriela Lorenzo (CIAEC-UBA-CONICET) y el Prof. Ignacio Idoyaga (CIAEC-UBA), abordó aquellas pautas de redacción que deben tenerse en cuenta al momento de elaborar comunicaciones de resultados de investigación en diferentes ámbitos científicos. Para ello, se tomaron como referencia los trabajos presentados por los participantes de la Escuela CONGRIDEC, analizando, entre otras cosas, el impacto del título del trabajo, el contenido de los resúmenes, la claridad de los objetivos y la metodología de trabajo y los tiempos verbales empleados en el cuerpo del texto, con el objetivo de fortalecer el proceso de comunicación de resultados.

La segunda jornada se inició con el dictado de tres talleres simultáneos en donde se abordaron diferentes áreas de investigación educativa. El Dr. Leonardo González Galli (CeFIEC-UBA-CONICET) fue el responsable del taller "Concepciones, metacognición y modelización: marcos teóricos de la Didáctica de las Ciencias Naturales"; la Mg. Cristina Iturralde (GIDCE-UNCPBA) estuvo a cargo del taller "Una mirada interpretativa del discurso en las clases de ciencias", y finalmente el taller "El abordaje de problemas de investigación en situaciones de aula" fue dictado por la Dra. María Alejandra Domínguez (ECienTec-UNCPBA-CIC-CONICET).

Como participantes de la Escuela tuvimos la oportunidad de asistir a los dos primeros. En "Concepciones, metacognición y modelización: marcos teóricos de la Didáctica de las Ciencias Naturales" se desarrolló cómo las concepciones y los conocimientos previos de los estudiantes influyen en el proceso de aprendizaje y se abordaron algunas estrategias de aplicación cuando las ideas previas de los estudiantes son erróneas desde el punto de vista de la metacognición. Por otra parte, en el taller "Una mirada interpretativa del discurso en las clases de ciencias" se realizó un abordaje sobre los distintos análisis posibles para el discurso de un docente en clases de ciencias, priorizando el enfoque que propone Lemke para este tipo de estudios.

Finalizados los talleres, los participantes fuimos organizados en peque-

ños grupos de trabajo con temáticas afines, para comenzar a analizar en profundidad los trabajos presentados y las observaciones realizadas por los revisores, quienes previamente habían evaluado los resúmenes y realizado sugerencias para la adecuada presentación de las versiones extendidas que servirán para la aprobación final de la Escuela CONGRIDEC. Cada grupo de trabajo estaba a cargo de tutores de reconocida trayectoria en el área de la Investigación en Educación de las Ciencias Experimentales, quienes habilitaron la discusión sobre objetivos y metodología, con el fin de generar observaciones, aportes y sugerencias que permitieran la mejora integral de los trabajos presentados. Además, en las sesiones de trabajo con los tutores, se prepararon las presentaciones audiovisuales que luego se expusieron durante las sesiones destinadas a tal fin en el marco del *III Encuentro de Investigadores en Enseñanzas de las Ciencias*, evento realizado durante los días 19 y 20 de setiembre en la misma sede.

Aquí, queremos destacar que resultó muy productivo poder intercambiar opiniones y discutir diferentes criterios, tanto con personas expertas en el área como con pares que se encuentran en etapas de trabajo similares a las nuestras, así como también escuchar otros trabajos de investigación y experiencias que posibilitan descubrir nuevas áreas de investigación que pueden ser exploradas a futuro. A continuación, en la figura 2, se muestran momentos vividos durante el evento



Figura 2: Arriba, quienes asistimos desde la Universidad Nacional del Litoral a la Escuela CONGRIDEC 2019, de izquierda a derecha: MSc. Juan Manuel Rudi, Prof. María Belén Manfredi, Lic. Mauro Porcel de Peralta y Lic. Juan Pablo Sánchez. Abajo, fotografía tomada durante el taller "Comunicación de resultados de investigación en reuniones científicas".

PRÓXIMA ESCUELA

Durante el evento, se llevó a cabo la asamblea ordinaria anual del Consorcio presidido por el Dr. Héctor Odetti y la Dra. María Gabriela Lorenzo. Allí se discutieron y acordaron distintos aspectos que conciernen al CONGRIDEC. Entre ellos, se informó la realización del III Workshop de Investigación en Didáctica de las Ciencias (III WIDIC) en la Universidad Nacional de Posadas, Misiones, en agosto del año que viene, en donde se destinará una sección especial para la presentación de los trabajos de las Escuelas de Posgrado del CONGRIDEC que fueron celebradas en Córdoba en el 2018 y en Olavarría, en 2019. Además, definió la sede de la próxima Escuela 2020, la cual se llevará a cabo en la Universidad Nacional de Río Negro, Sede Bariloche.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los aportes económicos para la participación en el evento de los proyectos de investigación: CONICET PIP N° 11220130100609CO; CAI+D 2016 UNL PI 50120150100040LI y PICT-2016-0594.

HISTORIAS DE QUÍMICA Y SOCIEDAD

Presentadas en la IV Jornada de Docencia e Investigación en Enseñanza de la Química.

Liliana Lacolla¹, Aldana Martín¹, Vanina Tedesco¹, Leila Rodríguez² y Silvia Brandariz¹

1 Profesorado en Química. Instituto Superior Joaquín V. González 2 Profesorado de Química Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)

e-mail: lilianaele@yahoo.com.ar

Resumen. En este artículo se presentan los debates surgidos en una Mesa Redonda que pone sobre el tapete de discusión la idea de que es posible y necesario plantear una Enseñanza de las Ciencias que muestre a la Ciencia como una actividad humana, realizada por personas que han trabajado y trabajan en instituciones enmarcadas en un contexto socio histórico que los condiciona. Para ellos se analizan cuestiones relacionados con la sociedad, cuestiones de género y debates sociales que deberían incorporarse al aula enmarcando los conocimientos científicos que se pretenden impartir. En especial se plantean cuestiones relacionadas con la Enseñanza y el Aprendizaje de la Química a 150 años de la presentación en sociedad de la Tabla Periódica de Mendeleiev. Se propone acá que revelar a los científicos con sus incertidumbres, pasiones e intereses es también comprender el carácter social de la ciencia y su relación con otros aspectos de la cultura.

Palabras clave. Enseñanza, química en contexto, género y sociedad

INTRODUCCIÓN

El 12 de septiembre el departamento de Química del Instituto Joaquín V, González (JVG) llevó a cabo la IV Jornada de Docencia e Investigación en Enseñanza de la Química. El Encuentro contó con gran participación de estudiantes de otros profesorados, docentes de varias provincias, de países limítrofes y de toda la comunidad de "El Joaquín" que disfrutaron con entusiasmo y ganas de intercambiar sus experiencias. En este marco, fue presentada la Mesa Redonda Historias de Química y Sociedad en la cual fueron tratados temas de género, históricos y sociales que atraviesan el pasado y el presente de la Química como ciencia. En ella, un grupo de cuatro estudiantes del Profesorado en Química del JVG y del Profesorado en Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), presentaron investigaciones bibliográficas y expusieron sus reflexiones, importantes a la hora de plantear una enseñanza de Química en contexto.

En primer lugar, Aldana Martín, estudiante del profesorado en Química del Joaquín V. González, planteó un debate entre "Agroquímicos sí o no"; A continuación, Vanina Tedesco, también estudiante del profesorado en Química del JVG, relató lo que investigó acerca de la vida de Fritz Haber, en relación con el contexto en el cual le tocó vivir. Luego expuso su investigación Leila Rodríguez, alumna del Profesorado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) quien relató el papel que Madame Lavoisier cumplió en las investigaciones de su esposo, para así analizar cuestiones de género en la historia de la Ciencia y en esta Jornada dedicada a la Tabla Periódica, Silvia Brandariz del Profesorado de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales nos habló de Mendeleiev al cumplirse 150 años de haber presentado en sociedad su Tabla Periódica.

AGROQUÍMICOS SÍ O NO

Aldana Martín

La primera exposición planteó si es posible considerar a los agroquímicos usados en las plantaciones como "buenos o malos"

Este es un tema amplio, atravesado por numerosas disciplinas y que entraña una discusión científica, ética y tecnológica porque se relaciona estrechamente con el tópico de cultivos transgénicos y de la tecnología puesta al servicio de la industria y de la sociedad. Existen actualmente controversias por los efectos ambientales y en la salud humana del uso de agroquímicos.

Para comenzar, debemos aclarar que los plaguicidas son sustancias químicas de origen sintético o natural destinadas a matar, repeler, regular o interrumpir el crecimiento de plagas. Aunque estas sustancias han traídos numerosos beneficios para la producción agrícola y el combate de enfermedades humanas y de animales, el problema de su uso reside en la forma de aplicación de los mismos y el consecuente mal manejo del suelo. Esto produjo y produce ambientes contaminados, degradados y desérticos.

Por otro lado, con la ingeniería genética se comenzaron a rediseñar organismos adaptados de forma rápida y controlada para aumentar la producción agrícola. Estos organismos se conocen como transgénicos u organismos modificados genéticamente (OMG) y presentan genes modificados para un fin determinado como, por ejemplo, ser resistente a una determinada plaga. Al resultar estos cultivos cada vez más resistentes a los plaguicidas, consecuentemente se debe incrementar su uso y aquí radica el mayor de los problemas dialogados en esta exposición.

Según la OMS, *"Los plaguicidas pueden tener efectos perjudiciales para la salud, por ejemplo, provocar cáncer o acarrear consecuencias para los*

sistemas reproductivo, inmunitario o nervioso. Antes de que se autorice su uso, los plaguicidas deben estudiarse a fin de determinar todos sus posibles efectos para la salud, y los resultados deben ser analizados por expertos que evalúen cualquier riesgo que los productos puedan entrañar para las personas."

En Argentina en 1996 comienza la implantación de la semilla transgénica de la soja y la utilización del glifosato, un agroquímico exclusivo aplicable a aquella implantación y que es utilizado en cantidades cada vez mayores. La soja actualmente es el principal cultivo responsable del crecimiento de la utilización de agroquímicos en Argentina. Demanda alrededor del 46 % del total de pesticidas utilizados por los agricultores, seguida por el maíz con el 10 %, el girasol con otro 10 % y el algodón con alrededor del 7%.

En febrero de 2018, en el diario "El Federal" se afirmaba que el 55% de los niños y adultos internados en el Hospital Garrahan y en el Hospital Italiano, por casos de cáncer o malformaciones son entrerrianos. Entre Ríos es la provincia más contaminada con pesticidas, insecticidas y herbicidas del país, precisamente en el distrito de Urdinarrain, donde la concentración de glifosato constatada se encuentra entre las más altas a nivel mundial.

Esto nos hace pensar... ¿Qué reflexión se puede hacer acerca del uso de agroquímicos y el de cultivos transgénicos? ¿Aumentar la productividad es viable, pero a costa de qué consecuencias? Si bien los agroquímicos permiten combatir plagas y los transgénicos aumentar la producción agrícola, lo cual genera puestos de trabajo, más ganancias y más alimentos (entre otros beneficios), no debe dejar de analizarse en qué medida utilizarlos y cómo.

A modo de reflexión final, podemos decir que el conocimiento científico no es inerte, cristaliza en la técnica con la que el ser humano, desde los tiempos más remotos, va transformando el mundo y su forma de vivir, cambiando así la cultura y nuestra manera de pensar y de actuar. La tecnificación de la sociedad ha beneficiado nuestro modo de vida y nos ha brindado comodidades, pero también responde a intereses económicos que deben transparentarse. Nos debemos una reflexión bioética que analice las controversias planteadas, así como el valor de los transgénicos y agroquímicos y la manera en que pueden afectar al equilibrio ecológico y la biodiversidad.

VIDA Y OBRA DE FRITZ HABER

Vanina Tedesco

En esta presentación se tuvo especialmente cuenta el contexto en el

cual le tocó vivir a este científico. Haber fue un químico alemán, que vivió en una época de grandes científicos que tuvieron influencia sobre él ya que tuvo de profesores a Robert Bunsen, August von Hoffman y Hermann von Helmholtz entre otros y fue amigo de Albert Einstein, de Emil Fisher y de Richard Willstätter, pero también sufrió decepciones, las más grandes quizás con Ostwald y Nernst.

Después de graduarse, en 1891 Haber trabajó como asistente de diferentes profesores. Iba creciendo en sus investigaciones y aumentando su popularidad entre la comunidad científica y ambicionaba una carrera académica, que estaba impedida en ese tiempo por ser judío (no fue hasta a los 38 años que logró el cargo de Profesor Titular). Aunque tampoco era el tiempo de las mujeres y la muestra de ello la encontramos en la esposa de Fritz Haber, Clara Immerwahr. Ella fue la primera mujer que se doctoró en Química en una universidad alemana pero lejos de poder seguir sus propias investigaciones, se vio obligada a realizar las tareas de la casa y apenas ayudar a su marido en sus indagaciones, el mérito de las cuales sólo estaba asociado a Haber..

Respecto de los destratos que sufrió por parte de Ostwald y Nernst, Haber trabajaba en Química Orgánica y estaba interesado en la Físico-química, campo en el que por ese entonces, se destacaba la Universidad en la que Ostwald dirigía sus investigaciones. Por tal motivo le solicitó entrevistas, pero fue rechazado por tener buenos conocimientos teóricos pero poca experiencia en la práctica. Y en cuanto a Nernst, lo trató públicamente de mentiroso en una revista porque sus resultados no coincidían con los que él mismo había obtenido (a largo plazo se pudo comprobar que la razón estaba de parte de Haber). Eran tiempos en los cuales pocas voces podían considerarse autorizadas, y frente a estos científicos respetados, Haber estaba apenas empezando a hacerse conocido, lo cual muestra como las cuestiones sociales se imponen también en el avance de la ciencia.

Haber puso en práctica sus conocimientos, en dos contextos muy diferentes. Bajo el contexto de su vida de investigador, su logro máximo que fue sintetizar (con la ayuda de Bosch y Mittasch) a escala industrial, el amoníaco a partir de las sustancias elementales. En ese momento, dado que la población estaba creciendo, la síntesis de amoníaco fue imprescindible para la elaboración de fertilizantes que pudieran mejorar la producción agrícola y así contribuir a paliar el hambre. En ese momento la imagen de Haber se hizo gigante, y no sólo sus colegas se acercaban a él, sino que los empresarios también le ofrecían trabajo.

El idilio con Haber duró hasta que estalló la Primera Guerra Mundial. Haber se declaraba patriota ante todo, y en el contexto de la Gran Guerra, aunque suene cruento, lo que buscaba era destruir al enemigo de su país. Afirmaba que, en tiempos de paz, un científico pertenece al

mundo, pero en tiempos de guerra pertenece a su país. Su lema era "en la paz por la humanidad y en la guerra por Alemania". Desde su papel como científico ofreció colaboración al ejército y en este contexto se convirtió en el "padre" de las armas químicas, por la utilización del cloro como agente agresivo que *la masacre de Ypres* mató a miles de soldados franceses.

Ante este éxito para los alemanes, Haber fue promovido al cargo de capitán y en la noche en que celebraba en su casa su nuevo cargo y la victoria, su mujer Clara, que se declaraba pacifista y en contra de las acciones de su marido, se suicidó con un tiro luego de una fuerte discusión con él. Dicen que Haber no habría escuchado el disparo por los efectos de los sedantes que solía usar para dormir, y a la mañana siguiente volvió con el ejército alemán y fue su hijo quien descubrió el cuerpo de la madre en su habitación dos días después.

Luego de que Alemania perdiera la guerra, el tratado de Versalles prohibía investigar sobre armas químicas, pero Haber siguió con las investigaciones en otros países. Entre tantos productos que sintetizó, se destaca el Zyclon B que paradójicamente fue usado años más tarde en los campos de concentración de Auschwitz, en las cámaras de gas, donde murieron familiares de él. Posteriormente los hijos que tuvo con su segunda esposa, ante la masiva publicidad de este pesticida y la repercusión durante el juicio de Nuremberg de que lo había sintetizado su padre, se suicidaron.

Haber ganó el Nobel de química 1918 y muchos científicos no concurrieron a la ceremonia por considerar inmoral su comportamiento en la Primera Guerra. El gobierno sueco debió aclarar que le otorgaban el premio por la síntesis de amoníaco, previa a la guerra y que sería de gran valor para el mundo por sus aplicaciones a la agricultura. Luego de la Primera Guerra, con Alemania devastada, llegaron los nazis al poder y se dice que Max Planck habló en persona con Hitler para convencerlo de que no cerrara el Instituto dirigido por Haber y así mantenerle el puesto, pero obligándolo a despedir a sus 12 colaboradores también judíos. Entonces Haber presentó la renuncia y se fue a Inglaterra, donde no sólo Rutherford se negó abiertamente a colaborar con él, sino que toda la sociedad le hizo sentir su repudio. Meses después se refugió en lo que hoy es Israel y un año más tarde murió de un paro cardíaco.

Podemos plantear una serie de reflexiones de esta historia: ¿Si no hubiese ocurrido la guerra, hasta dónde hubiese llegado el talento de Haber? Y pensando en Clara, su primera mujer ¿Cuántas grandes científicas no pudieron desarrollarse? ¿Cuánto conocimiento perdemos por prejuicios e imposiciones sociales? Y esto lleva a plantearnos como futuros docentes la importancia de investigar el contexto histórico de los científicos, de los descubrimientos, de cada modelo que enseñamos para que los

alumnos puedan entender los conocimientos científicos como producto de una empresa humana realizada en un contexto social definido.

MADAME LAVOISIER

Leila Rodríguez

En esta presentación se destacó el papel que Madame Lavoisier cumplió en las investigaciones de su esposo, para así analizar cuestiones de género en la historia de la Ciencia.

La ciencia y la cuestión de género no son esferas disociadas. El acceso diferenciado por género asignado a las actividades jerarquizadas por la sociedad moderna es un saldo de muchas generaciones de feminismos y feministas que se han dado la tarea de visibilizar y analizar los mecanismos mediante los cuales las mujeres son expulsadas de ciertos circuitos que resultan reservados principalmente para los varones. Sin embargo, no todo es blanco o negro y efectivamente las mujeres tenemos y hemos tenido un lugar en la historia de la ciencia en general y de la química en particular. Hoy son muchas las figuras femeninas de la ciencia y la tecnología que son revisadas y visibilizadas, y, quienes ejercemos la docencia tenemos la oportunidad de rediscutir los relatos que reproducimos sobre nuestra propia disciplina. En particular, en el caso de la química moderna, se erige ante la figura del históricamente denominado *Padre de la Química*, Antoine Lavoisier, la de su esposa *Madame Lavoisier*. Al revisar su caso podemos desandar el entramado social, económico y cultural que no le permitió tener a Marie-Anne un lugar en la historia de la química.

Marie-Anne Pierette-Paulze era hija de la aristocracia francesa, y por tanto depositaria de una espesa educación en disciplinas como idiomas, pintura e historia, además de naturalmente encaminada a un matrimonio arreglado, en el marco del cual debería cumplir con todas las tareas propias de una señora de la época. Apenas iniciado su matrimonio con Lavoisier, demostró gran interés por sus actividades científicas, ante lo cual su esposo le propició maestros que la instruyeran, con la ventaja de contar con un enorme y bien equipado laboratorio en su propia casa. Laboratorio que, debemos resaltar, Lavoisier pudo adquirir por medio de la dote que recibiera al casarse. Así, la cuestión económica, la dote y la educación se dejan ver como elementos que le permitieron a Marie-Anne acceder a este reservado mundo. Pudo participar de un laboratorio al estar el mismo en la casa, realizar esquemas detallados de los equipos y experimentos por su formación en grabados y dibujos, y fundamentalmente traducir del y al francés obras de Lavoisier para ser difundidas, y obras de otros autores para avanzar en sus investigaciones. Agreguemos que ocupaba muy bien su rol de esposa-anfitriona en términos de

los espacios de sociabilización que generaba en su casa con miembros de la comunidad científica.

Además, si bien imaginamos a Lavoisier como el típico científico que pasaba horas en su laboratorio detallando y repitiendo experimentos, la realidad es que trabajaba tiempo completo recaudando impuestos para la Corona (cargo por el cual la Revolución se cobró su cabeza). Era ella quien, como constatan relatos de la época, pasaba horas en el laboratorio llevando adelante los experimentos y tomando notas bien organizadas de los mismos.

Resumiendo, Marie-Anne pasaba horas experimentando en el laboratorio, registrando rigurosamente los resultados y los detalles de los equipos utilizados y, por si fuera poco, era responsable de la comunicación de resultados en otros idiomas y de proveerle a Lavoisier de los resultados y discusiones no publicadas en francés, incluyendo en ocasiones sus propias observaciones sobre los mismos. Sin embargo, Lavoisier jamás le permitió siquiera figurar como traductora de su obra y era quien recibía los méritos del trabajo evidentemente conjunto.

Podemos ver entonces, como los privilegios de clase funcionaron como vías de acceso a un mundo no habitado por las mujeres, y cómo, a su vez, las lógicas patriarcales en la construcción de relatos sobre mujeres y varones invisibilizaron el lugar fundamental de la actividad científica de Marie-Anne en conjunto con quien pasara efectivamente a la historia oficial como *Padre de la Química*.

En este relato, podemos encontrar reflejada la realidad de muchísimas mujeres que han dejado huellas en la historia de la ciencia, pero sin que hayan trascendido sus datos personales invisibilizados por un relato sesgado de esta historia en las voces masculinas que lo construyeron.

MENDELEIEV: 150 AÑOS DE SU TABLA PERIÓDICA

Silvia Brandariz

Hablar de Dimitri Mendeleiev y de su genio, quien pudo descifrar el "orden químico" de los elementos que forman el universo todo, en una herramienta bidimensional organizada en grupos y períodos en donde pesos atómicos y propiedades pueden ordenarse, es también hablar de una suerte de "profeta", con toda la connotación que esa palabra implica. El profeta predice por inspiración divina, se acerca al conocimiento, a la verdad lejana, con una suerte de iluminación, pero en el relato descubriremos otras características de este científico.

El estereotipo en donde alojamos la figura de Mendeleev, suele ser la de un genio químico ruso, tres rasgos fijos, en donde pareciera no existir

lugar a otras cuestiones. No es la idea demistificar a Mendeleev, al “profeta el orden químico”, sino por el contrario, revisar su lado no visible y lo imprescindible de estas influencias en sus logros y legados. Hablar de Dimitri, no sólo en su contexto social político de hace casi dos siglos, sino en sus ideas, convicciones y su modo de ver las ciencias, en particular la Química.

Asomarse a la vida en 1834, en Tobolsk, capital de Siberia, en la Rusia zarista, ser el menor de 17 hijos en una familia repartida entre la docencia y una fábrica de vidrio, ser rechazado de las Universidades de Moscú y San Petersburgo, fueron situaciones en la vida de Dimitri que lo condujeron al Instituto de Pedagogía de las Ciencias donde se graduó de Profesor en Química. Luego de sus tesis de grado, fue becado por la universidad de San Petersburgo, desde donde viaja a Europa y conoce a muchos personajes del mundo científico como Regnault, Kirchoff, Bunsen, Avogadro, Cannizaro, despertando en él la necesidad de volver a su patria y socializar lo aprendido no solo a sus alumnos, por medio de producciones escritas en manuales química, sino a campesinos y vecinos aplicando conocimientos a la producción agrícola y ganadera.

En 1869, hace hoy 150 años, presenta su famosa “clasificación de los elementos químicos” en lo que conocemos como Tabla Periódica, una suerte de arreglo de los elementos a modo de rompecabezas o solitario de naipes ordenados por similitudes, con *lugares vacíos* que le costaría la incredulidad de sus pares, a lo que con humildad decía “*Supongo que cuando se descubran estos elementos desconocidos, muchas más personas nos prestarán atención*”. Un profesor de química ruso tratando de representar sus ideas en el centro de poder científico europeo, no es una imagen amistosa, sin embargo, la historia le daría la razón y 20 años más tarde comenzaría su parcial reconocimiento. Mientras tanto, él siguió empeñado en la enseñanza de la química aplicada en la universidad hasta renunciar a su cargo por cuestiones políticas, en donde sus convicciones sociales y el rol que asignaba a la mujer no compatibilizaban con las ideas conservadoras del momento.

Los avatares de su historia, los hechos vivenciados y las figuras importantes que influenciaron y le dieron sentido a su humanidad, sin duda han sido fundantes en su vida tanto personal como pública. Su visión de una Ciencia aplicada, útil, cercana, dista bastante de algunas concepciones de ciencia lejana, pura, verdadera, a la que solo pocos tienen acceso. En el mismo sentido va la imagen que a menudo se tiene todavía hoy del científico, como genio que estudia cosas imposibles de entender como la química, ajeno al mundo sensible y aún más al artístico y en donde generalmente no se priorizan las necesidades mundanas al investigar.

La deuda de justicia social, la brecha que existe entre la ciencia y sus

popes con el mundo real nos pone en un lugar de compromiso como docentes y hombres y mujeres de ciencia de tender puentes entre la producción de conocimiento y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas. Dimitri en su frase “*Lo que la ciencia siembre, el pueblo lo cosechará*” viene a traernos otro modelo de personaje de Ciencia, decontracturado, osado y con una mirada social y aplicada “al servicio de” y de ninguna otra manera.

En resumen, la intención que ha guiado esta presentación ha sido revisar y deconstruir la idea de Mendeleev como solamente un “genio químico ruso”, para pensarlo como un servidor con toda su sapiencia, y entender que la gente común que es la Patria, y la Educación en Ciencias fueron motivadores de compromiso y convicción en la vida de Dimitri.

REFLEXIÓN FINAL

A modo de cierre, podemos decir que intención de esta Mesa Redonda fue poner sobre el tapete de discusión la idea de que es posible y necesario plantear una Enseñanza de las Ciencias que muestre a la Ciencia como una actividad humana, realizada por personas que han trabajado y trabajan en instituciones enmarcadas en un contexto socio histórico que los condiciona. Revelar a los científicos con sus incertidumbres, pasiones e intereses es también comprender el carácter social de la ciencia y su relación con otros aspectos de la cultura.

En los Diseños Curriculares de la escuela secundaria, así como en los Planes de Estudio de las carreras de Formación Docente se contempla la necesidad de introducir el estudio de la llamada «naturaleza de la ciencia» como un conjunto de contenidos metacientíficos que se considera que deberían ser parte del bagaje cultural de la ciudadanía (Adu-riz Bravo, 2014). De manera coincidente con las palabras de Santos (2007) podemos afirmar al respecto que “*Considerando la naturaleza del conocimiento científico, no es posible pensar en la enseñanza de sus contenidos de forma neutra, sin que se contextualice su carácter social, ni hay cómo discutir la función social del conocimiento científico sin una comprensión de su contenido*”

En definitiva, es necesaria la toma de conciencia de la necesidad de revertir una enseñanza de la Química descontextualizada de su génesis histórica, de sus recorridos experimentales, de sus aplicaciones en la vida cotidiana entre otros aspectos, como estrategia necesaria para mejorar su aprendizaje y contribuir así a la formación de los futuros ciudadanos. (Lacolla y Di Giacomo, 2015).

Bibliografía consultada

- Aduriz-Bravo, A. (2014). La historia de la ciencia en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: Maria Skłodowska-Curie y la radiactividad, *Revista Educació Química*, 16.
- Angelini, M. y col. (2006). *Temas de química general*. Buenos Aires: Editorial EUDEBA.
- Berthelot, M. (1890). *La revolution Chimique, Lavoisier*. Paris: Editeur Felix Alcan.
- Brescia, F. (1970). *Fundamentos de química: Métodos de laboratorio químico*. México: Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID).
- Brown, T. L., y Hernández, A. R. (2014). *Química: La ciencia central*. México: Pearson Educación.
- Bruni, G., Levi, G. R. y Rollier, M. A. (1964). *Química general*. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.
- del Puerto Rodríguez, A., Tamayo, S., Palacio Estrada, E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba.
- Errea, M. y otros (2011). *La química subyacente al cultivo de soja. Un balance necesario entre el beneficio económico y la preservación del ambiente*. En *Química y Civilización*. Buenos Aires: Asociación Química Argentina.
- Katz, M. (2011). *Mujeres en la ciencia: Marie Anne Pierrette Paulze Lavoisier; en Química y Civilización*. Buenos Aires: Asociación Química Argentina.
- Katz, M. (2011). *La química y sus contextos: El caso Fritz Haber en Química y Civilización*. Buenos Aires: Asociación Química Argentina.
- Kaufman, T. (2011). Jugando al solitario con los naipes del creador en *Química y Civilización*. Buenos Aires: Asociación Química Argentina.
- Lacolla, L., Di Giacomo, M.A. (2015). Enseñanza de Química con enfoque QTS (Química, Tecnología y Sociedad) en X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica. 6 al 10 de Octubre de 2015. Buenos Aires: Asociación Química Argentina. Libro de Resúmenes.
- Lewis, John R. (1979). *Química Elemental*. México: Compañía Editorial Continental.
- Porter, R. (2003). *The Cambridge history of science, Volume 4: The*

Eighteenth Century. Cambridge University Press.

Román Polo, P. (2002). *El profeta del orden químico*. Madrid: Nivola Libros y Ediciones.

Santos, W. L. P. (2007). *Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios*. *Revista Brasileira de Educação*, 12(36), pp. 474-550.

Tévez, H., dos Santos Afonso, M. (2011). *Degradación y movilidad de los agroquímicos en suelos y aguas naturales. Casos de estudio en Argentina*. En *Química y Civilización*. Buenos Aires: Asociación Química Argentina.

Thorpe, T. E. (1902). *Essays in historical chemistry*. London: Macmillan

Vinyals, L. (2013). *Transgénicos, mirada desde la ética*. *Revista Soberanía Alimentaria Biodiversidad y Culturas*. Barcelona. Disponible en <https://www.soberaniaalimentaria.info/publicados/numero-13/413-transgenicos-mirada-desde-la-etica>. Última consulta Octubre 2019

Young, A. (1792). *Travels in France during the years 1787, 1788 and 1789*. George Bell y Sons. Londres. Disponible en <https://oll.libertyfund.org/titles/young-arthur-youngs-travels-in-france-during-the-years-1787-1788-1789> Última consulta Octubre 2019

Yunta E. R. (2010). Reflexión bioética sobre el uso de organismos genéticamente modificados. *Bioethikos*, 4(2), 222–227. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3173775/> Última consulta Octubre 2019

Páginas web consultadas

Documento del Observatorio de las Empresas Transnacionales (OET) de FOCO – Foro Ciudadano de Participación por la Justicia y los Derechos Humanos, sobre el sector agrario; “Glifosato y Transgénicos en el mundo, el caso argentino y las consecuencias sobre la salud”. https://www.ecoportel.net/temas-especiales/contaminacion/glifosato_y_transgenicos_el_caso_argentino_y_las_consecuencias_sobre_la_salud/

Sitio web de Greenpeace. <https://www.greenpeace.org/argentina/>

Sitio web de Monsanto. <https://monsanto.com/company/locations/argentina/>

Sitio web de la Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es>

Blog de educación científica El Tamiz <https://eltamiz.com/> Consultado en Septiembre de 2019.

Reseñas de libros

ESPACIOS CON ZONOSIS Y ALIMENTOS, UNA PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA CTS EN BIOLOGÍA Y QUÍMICA

Damian Lampert¹, Gerardo Leotta² y Silvia Porro³

1-CONICET – Universidad Nacional de Quilmes. 2-CONICET – IGEVET. 3- Universidad Nacional de Quilmes

E-mail: damian.lampert@unq.edu.ar

Resumen. La mayoría de las personas cuenta con animales en su hogar. Asimismo, existen diferentes espacios para contactarnos con la naturaleza en los cuales hay animales, que incluyen desde Parques Nacionales hasta Granjas Educativas. Por lo tanto, es importante tener en cuenta diversos aspectos para la prevención de zoonosis y Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA). El Libro ESPACIOS CON ZONOSIS Y ALIMENTOS analiza la relación entre los seres humanos, los animales y los alimentos en diferentes espacios. Se presentan propuestas didácticas para el desarrollo de competencias críticas en los diferentes niveles educativos, relacionadas con la manipulación de alimentos y la prevención de zoonosis.

Palabras clave: Enfermedades Transmitidas por Alimentos – Zoonosis – Educación CTS – Educación Ambiental, Alimentaria y para la salud

STS EXPERIENCE FOR FOOD EDUCATION: THE AQUAPONIC

Abstract. Most people have animals in their home. There are also different spaces to contact us with the nature in which there are animals, which include from National Parks to Educational Farms. Therefore, it is important to take into account various aspects for the prevention of zoonosis and Foodborne Diseases. The Book SPACES WITH ZONOSIS AND FOOD analyzes the relationship between human beings, animals and food in different spaces. Didactic proposals are presented for the development of critical skills at different educational levels, related to food modifications and the prevention of zoonoses.

Key words: Foodborne Diseases - Zoonosis - STS Education - Environmental, Food and Health Education

INTRODUCCIÓN

ESPACIOS CON ZONOSIS Y ALIMENTOS es un libro de divulgación y educación centrado en la prevención de enfermedades zoonóticas y transmitidas por alimentos en diferentes espacios. Cuenta con propuestas didácticas para los niveles iniciales, secundario y superior de carreras científico-tecnológicas y de profesorado para el abordaje de las

zoonosis y enfermedades transmitidas por alimentos desde un enfoque CTS. El libro de autoría del Ing. Damián Lampert (CONICET-Universidad Nacional de Quilmes, UNQ), cuenta con el prólogo de la Dra. Silvia Porro (UNQ), la revisión técnica del Dr. Gerardo Leotta (CONICET-IGEVET) y un anexo a modo de resumen, sobre las principales ETA y zoonosis a cargo de Matías Russo (UNQ-UNLP). Asimismo, participaron personas colaboradoras de diferentes áreas como Geografía, Arquitectura, Medicina Veterinaria y Letras. Se publicó bajo el sello editorial de la Editorial Autores de Argentina en el 2019 y cuenta con la corrección de estilo de la Profesora en Letras Celeste Villani (UCA).

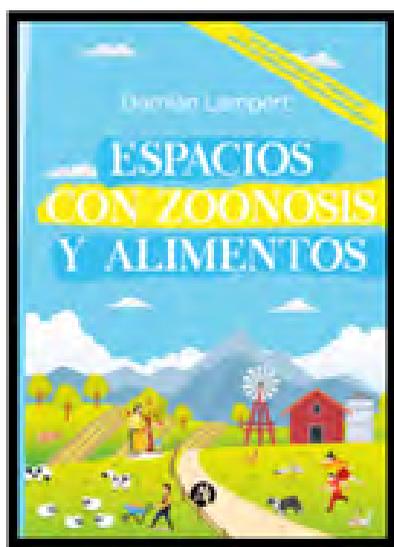


Figura 1. Tapa de la obra: El diseño de la portada corresponde al departamento de edición de la editorial Autores de Argentina

Este trabajo representa el avance en el desarrollo de secuencias didácticas para la enseñanza de las competencias en alimentación y zoonosis en diferentes niveles educativos como parte de la investigación correspondiente al plan de trabajo de una beca doctoral, financiada por el CONICET, de Damián Lampert, bajo la dirección de Silvia Porro y Gerardo Leotta. Asimismo, se enmarca dentro de un proyecto internacional del que participa el Grupo de Investigación de Enseñanza de las Ciencias (GIECIEN), grupo dirigido por la Dra. Porro. El proyecto internacional se denomina CYTPENCRI (Educación de las competencias científica, tecnológica y pensamiento crítico mediante la enseñanza de temas de naturaleza de ciencia y tecnología) y es dirigido por la Dra. María Antonia Manassero-Mas y el Dr. Ángel Vázquez Alonso de la Universidad de las Islas Baleares (España).

Estas secuencias didácticas son, además, utilizadas en proyectos de extensión universitaria que se encuentra dirigiendo el Ing. Lampert y que

se retroalimentan con los de investigación que llevan a cabo en el GIE-CIEN.

DESARROLLO

El libro se divide en 9 secciones: el prólogo, una introducción, 6 capítulos y un anexo. A continuación, se detalla brevemente cada una de las secciones.

Introducción

En la introducción, se menciona la categoría de la Organización Mundial de la Salud (OMS) frente al contacto con animales y la posibilidad de transmisión de enfermedades infecciosas. De las mismas se selecciona la categoría correspondiente a "Sivicultura y Campo" y "Recreo" (WHO, 1982) ya que constituyen los principales espacios naturales y urbanos para el contacto con animales. Asimismo, se resalta que el enfoque para el abordaje de dichos espacios corresponde a la Medicina de la Conservación (Saggese, 2007; Deems, 1999) como eje, es decir unificando bajo una "única salud" la salud humana, animal y del ecosistema (Marcos, 2013).

Capítulo 1. Espacios en contacto con animales: un análisis multiescalar

En este capítulo se realiza un análisis multiescalar sobre los espacios de contacto con animales en función de lo establecido en la introducción. En este sentido, en primer lugar, se analizan los centros de conservación in situ, como Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Reserva Natural y Paisajes Protegidos y, por último, los espacios de conservación y recreo ex situ, como zoológicos, bioparques y ecoparques. Asimismo, se mencionan los espacios educativos, como granjas educativas y escuelas rurales, y los espacios urbanos, como parques, plazas y el hogar. Dicho capítulo contó con la colaboración de la Licenciada en Geografía Ludmila Cortizas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Capítulo 2. Zoonosis en contextos

En esta tercera sección se realiza un análisis epidemiológico sobre las zoonosis y ETA incluyendo su clasificación y caracterización a nivel general. Asimismo, se mencionan diferentes investigaciones realizadas por personas de todo el mundo sobre la prevalencia de ETA y zoonosis en espacios de contacto con animales en los cuales se nombran algunos trabajos donde participó el Dr. Leotta, como la presencia de *Salmonella* en víboras del zoológico de La Plata (Vigo y col., 2011) y *Escherichia coli*

en mamíferos no domésticos (Leotta y col., 2006). Dicho capítulo contó con la colaboración del estudiante de Medicina Veterinaria, Matías Russo de la UNLP.

Capítulo 3. Ingeniería de la prevención y de la conservación.

En este capítulo se muestran planos para zoológicos, granjas y parques que cuentan con animales, desde un punto de vista de la prevención de zoonosis y de establecer un espacio acorde al animal. Se representa la división del espacio en dos secciones, una de contacto y otra de no contacto con animales, separadas por una intermedia en la cual se encuentran el lavadero de manos y las sustancias químicas correspondientes a su saneamiento. Las imágenes representadas en tres dimensiones fueron realizadas por el Arquitecto Naval Diego García de la UNQ.

Capítulo 4. Repensar nuestras prácticas en el ambiente

El cuarto capítulo cuenta con las medidas preventivas que las personas deben mantener al visitar un espacio natural. En este sentido se detalla el tipo de vestimenta, qué alimentos conviene llevar en función de su procesamiento y forma de conservación, y el comportamiento en relación a los animales. Asimismo, detalla las prácticas higiénicas en espacios rurales donde haya huertas. Por último, y no menos importante, se mencionan las prácticas de contención de mascotas en el hogar y qué tipo de alimento administrarles para evitar que sean vehículos de agentes patógenos.

Capítulo 5. Espacios educativos

Este capítulo encuadra a las propuestas didácticas de las granjas educativas y las escuelas agrarias. Por ese motivo se muestra la diversidad de actividades que se llevan a cabo en ambos espacios y qué precauciones se deben tomar al respecto. Por ejemplo, para el caso de las escuelas productoras de alimentos, es importante respetar los Procedimientos Operativos Estándar de Saneamiento (POES) en los diferentes equipos utilizados para la producción de alimentos y, para el caso de las granjas educativas se detallan actividades como ordeño, visita a los gallineros, producción de pan y alimentación de los animales del predio.

Capítulo 6. Propuestas didácticas

Este capítulo engloba la reseña de las secciones anteriores en propuestas de actividades para el nivel inicial, primario, secundario (bachillerato convencional y orientación agraria), terciaria de profesorado y universitaria de carreras científico-tecnológicas. Las mismas surgen de investigaciones educativas realizadas en la UNQ sobre la educación alimentaria

y veterinaria. Es por ello que la propuesta engloba carencias encontradas en los libros de textos y los diseños curriculares (Lampert y Porro, 2018; Lampert y Porro, 2019), asesoramientos desde la extensión universitaria a las instituciones agrarias (Lampert et al, 2019) y propuestas para la carrera de ingeniería en alimentos (Lampert y Porro, 2019).

Anexo: Principales zoonosis para trabajar en el aula

En este apartado, se presentan más de 25 enfermedades que podrían trabajarse en el aula en asignaturas relacionadas a la biología, química, medio ambiente y salud, a partir de las medidas preventivas y el reservorio de los agentes etiológicos. Este anexo fue escrito por Matías Russo con la colaboración de algunos ejemplos clínicos de la Médica Veterinaria Adriana Bisotto.

CONCLUSIONES

Este libro representa una propuesta de triple impacto para la enseñanza de las ciencias con enfoque CTS. Por un lado, se centra en los aspectos relacionados con la educación ambiental, al tratarse los diferentes espacios y los centros de conservación; por otro lado, incluye competencias relacionadas a la manipulación y conservación de alimentos, como tópico de educación alimentaria y a la prevención de ETA y zoonosis, como eje de la educación para la salud. Es importante resaltar que el carácter abierto e interdisciplinario de las propuestas didácticas permite su utilización en diferentes contextos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Deem, S. (1999). Infectious and parasitic diseases of raptors. *Compendium of Continuing Education*, 21:329-337.
- Lampert, D. y Porro, S. (2018). Formación docente de escuelas agropecuarias sobre etas en la elaboración de productos artesanales. *II Congreso Internacional de Zoonosis IX Congreso Argentino de Zoonosis*.
- Lampert, D. y Porro, S. (2019). Innovations in the Development of Critical Thinking and the Teaching of the Nature of Science and Technology: Background and Proposal for Food Engineering Course of Studies. *5th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'19)*
- Lampert, D., Leva, G., Russo, M. y Porro, S. (2019). Bioseguridad alimentaria en una escuela agraria: situación actual y propuestas educativas de mejora. *V Jornadas Argentinas de Bioseguridad y Biocustodia*.

- Leotta, G. A., Deza, N., Origlia, J., Toma, C., Chinen, I., Miliwebsky, E., ... y Rivas, M. (2006). Detection and characterization of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in captive non-domestic mammals. *Veterinary microbiology*, 118(1-2), 151-157.
- Marcos, E. (2013). El concepto una salud como integrador de la interfase humano-animal-ambiental, frente a las enfermedades emergentes, reemergentes y transfronterizas. *Epidemiología y Salud*, 1(3), 16-20.
- Saggese, M. D. (2007). Medicina de la conservación, enfermedades y aves rapaces. *Hornero 022 (02): 117-130*.
- Vigo, G., Caffer, M., Origlia, J., Carriquiriborde, M., y Leotta, G. (2011). *Salmonella enterica* y *Salmonella enterica diarizonae* aisladas de ofidios en el Parque Zoológico de La Plata, Argentina. *Rev. Med. Vet. (B. Aires)*, 92(1/2), 19-22.
- WHO Expert Committee on Bacterial and Viral Zoonoses y Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1982). Zoonosis bacterianas y víricas: informe de un Comité de Expertos de la OMS, con la participación de la FAO [se reunió en Ginebra del 22 al 30 de septiembre de 1981]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. <http://www.who.int/iris/handle/10665/38671>

Congresos, Jornadas y Seminarios de Aquí y Allá...

Informe elaborado por Dra. Andrea S. Farré, Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina.

1° CONGRESO VIRTUAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Fortaleciendo el vínculo afectivo con la naturaleza como estrategia de transformación social

Organizado por Proyecto Ambiental - Escuela de Educación Ambiental
12 al 14 de marzo 2020

<https://www.proyecto-ambiental.com/info/congresoaea/>

NARST 2020 ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE

School, community, citizenship: Science education across places and contexts. Organizada por la National Association of Research in Science Teaching. 15 al 18 de marzo de 2020, Portland, OR, Estados Unidos

<https://www.narst.org/annualconference/2020conference.cfm>

VI CONGRESO INTERNACIONAL DE DOCENTES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y JORNADAS SOBRE INVESTIGACIÓN Y DIDÁCTICAS STEM (CIENCIA, TECNOLOGÍA, INGENIERÍA Y MATEMÁTICAS). Organizado por la Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid

Fecha límite para la inscripción y la recepción de resúmenes de ponencias: 17 de enero 2020. 21 a 24 de abril de 2020, Madrid, España.

<http://www.epinut.org.es/CDC/6/>

II JORNADAS REGIONALES DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR.

Organizada por la Universidad de la República Uruguay, Administración Nacional de Educación Pública y NUCLEO. 22 al 24 de abril de 2020, Montevideo, Uruguay. <https://www.cse.udelar.edu.uy/jies2020/>

DIDADCIEN 2020. XI CONGRESO INTERNACIONAL DIDÁCTICAS DE LAS CIENCIAS Y XVI TALLER INTERNACIONAL DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. Organizado por Ministerio de Educación de la República de Cuba, a través de la Dirección General de Formación y Actividad Científica, la Dirección de Formación de Personal Pedagógico.

Inscripción: Preferentemente antes del 29 de febrero de 2020. **Fecha límite de presentación de trabajos:** 29 de febrero de 2020. 27 al 30

de abril de 2020, La Habana, Cuba. <http://www.didadcien.com/>

VII JORNADAS NACIONALES Y III LATINOAMERICANAS DE INGRESO Y PERMANENCIA EN CARRERAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS – IPECYT 2020. Fecha límite para el envío de resúmenes y trabajos completos: al 20 de diciembre de 2019. 6 al 8 de mayo de 2020, San Miguel de Tucumán, Tucumán. <http://www.frt.utn.edu.ar/ipecyt/>

V CONGRESO LATINOAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. Organizado por la Universidad del Norte y la Red Latinoamericana de Investigación en Didáctica de las Ciencias (REDLAD). Fecha límite para la presentación de resúmenes: 15 de enero de 2020. 16 al 18 de junio de 2020, Barranquilla, Colombia. Informes: vcongreso_redlad@uninorte.edu.co <https://www.uninorte.edu.co/web/educacion-continuada/congreso-latinoamericano-de-investigacion-en-didactica-de-las-ciencias>

V SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS (SIEC 2020). *Un congreso online de investigación en enseñanza de las ciencias.* Organizado por la Universidad de Vigo. Fecha límite para el envío de comunicaciones: 31 de marzo de 2020. Inscripción temprana: 31 de marzo de 2020. 15 a 18 de junio 2020. <http://siec2020.educacioneditora.net/> o <http://siec2020.webs.uvigo.es/>

VII SEMINARIO IBEROAMERICANO CTS (VII SIACTS). *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de objetivos de desarrollo sostenible (ODS).* Organizado por la Universitat de València y la Asociación Iberoamericana Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Educación en Ciencias (AIA – CTS). Fecha límite para la presentación de contribuciones: 15 de diciembre de 2019. 25 al 27 de junio de 2020, Valencia, España. <https://congresos.adeituv.es/cts2020/>

26th IUPAC INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMISTRY EDUCATION (ICCE 2020). Organizada por The South African Chemical Institute, University of Cape Town, University of Pretoria, University of the Witwatersrand. Fecha límite para la presentación de resúmenes de presentaciones orales o posters: 1 de marzo de 2020. Fecha límite para la presentación de workshops: 1 de marzo de 2020. Inscripción temprana: hasta 15 de abril de 2020. 13 al 17 de julio de 2020, Ciudad del Cabo, Sudáfrica.

<https://www.icce2020.org.za/>

XX ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA. Organizado por la División Enseñanza de la Química de la Sociedad Brasileira de Química. Fecha límite para el envío de trabajos: 20 de febrero de 2020. Inscripción temprana: hasta el 20 de febrero de 2020. 13 al 16 de julio de 2020, Recife, Pernambuco, Brasil. <https://www.even3.com.br/ene-qpe2020/>

XX ENDIPE (ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO). *Fazeres-Saberes pedagógicos: diálogos, insurgências e políticas.* Organizado por la Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, la Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO, la Universidade Federal Fluminense – UFF, la Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, la Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, la Universidade Estácio de Sá – UNESA, la Universidade Católica de Petrópolis – UCP, la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, el Instituto Benjamim Constant – IBC, el Instituto Nacional de Educação de Surdos – INES, y el Instituto Superior de Educação do Rio de Janeiro – ISERJ. Fecha límite para la presentación de trabajos: 18 de diciembre de 2019. 14 a 17 de julio de 2020, Río de Janeiro, Brasil. <http://xxendiperio2020.com.br>

BIENNIAL CONFERENCE ON CHEMICAL EDUCATION (BCCE 2020). Organizado por Division of Chemical Education (DivCHED) de la American Chemical Society (ACS) y la Oregon State University. Fecha límite para la presentación de resúmenes: 24 febrero de 2020. Inscripción temprana: hasta 1 de mayo de 2020. 18 al 23 de julio de 2020, Corvallis, Oregon, Estados Unidos. <https://bcce2020.org/>

18TH LACCEI INTERNATIONAL MULTI-CONFERENCE FOR ENGINEERING, EDUCATION, AND TECHNOLOGY. *Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development. Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy.* Organizado por LACCEI, OEA, CONFEDI, Asibei. Fecha límite para la presentación de trabajos completos: 1 de marzo de 2020. Inscripción temprana: 1 de febrero de 2020. 29 al 31 de julio de 2020, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. <http://wp.eng.fau.edu/laccei2020/>

IV JORNADAS INTERNACIONALES PROBLEMÁTICAS EN TORNO A LA ENSEÑANZA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. *Diálogo abierto entre la didáctica general y las didácticas específicas.* Organizado por las cátedras de Didáctica General y Específicas, nucleadas en el Instituto de Desarrollo e Investigación para la Formación Docente (INDI)

y en el Instituto Superior de Música (ISM) de esta Facultad. Fecha límite para el envío de propuestas de trabajo: 25 de febrero de 2020. 5 al 7 de agosto de 2020, Santa Fe.

Consultas: didacticaseneducaciosuperior4@gmail.com Primera circular: <http://www.fhuc.unl.edu.ar/pages/accesos-rapidos/congresos-y-actividades.php>

XIX REUNIÓN DE EDUCADORES EN LA QUÍMICA (REQ XIX). Organizado por ADEQRA y la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Fecha límite de recepción de propuestas de talleres: 20 de febrero de 2020. Recepción de resúmenes de trabajos: Desde 1 de febrero de 2020 hasta 20 de abril de 2020. 10 al 12 de agosto de 2020, Posadas, Misiones. Consultas: info20reqxi@gmail.com

WORKSHOP DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES Y EXPERIMENTALES. Organizado por CONGRIDEC y la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. 12 al 14 de agosto de 2020, Posadas, Misiones

29 ENCUENTRO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES y 5ª ESCUELA DE DOCTORADO. *Nuevos horizontes en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias.* Organizado por la Universidad de Córdoba y APICE. **Fecha límite para el envío de trabajos para 29 encuentros:** 29 de febrero de 2020. **Fecha límite para el envío de trabajos para 5ª escuela:** 20 de marzo de 2020. 5ª Escuela Doctorado: 31 de agosto al 1 de septiembre 2020, Córdoba, España. Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: 2 al 4 de septiembre 2020, Córdoba, España. <https://www.uco.es/29edce/>

34º CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA CLAQ 2020. Realizado en conjunto con el XXII Simposio Internacional sobre Avances en Tecnologías de Extracción-EXTECH, el XVIII Congreso Latinoamericano de Cromatografía-COLACRO, el X Congreso Colombiano de Cromatografía-COCOCRO y el IV Congreso Colombiano de Bioquímica y Biología Molecular-C2B2. Organizado por la Sociedad Colombiana de Ciencias Química (SCCQ) y de la Federación Latinoamericana de Asociaciones Químicas (FLAQ). 28 de septiembre al 02 de octubre de 2020, Cartagena de Indias, Colombia. <http://claq2020.com/>

Fecha límite de recepción de resúmenes en Modalidad Oral: 1 de

abril de 2020 (11:59 pm EST) – No habrá extensión de la fecha límite

Fecha límite de recepción de resúmenes en Modalidad Poster: 1 de julio de 2020 (11:59 pm EST) - No habrá extensión de la fecha límite

XIV JORNADAS NACIONALES, IX CONGRESO INTERNACIONAL EN ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA. *¿Es posible la interdisciplina en la enseñanza de la Biología? Desafíos y propuestas.* Organizado por ADBIA y el Instituto de Educación Superior Estanislao Maldones, el Instituto de Educación Superior Clara J. Armstrong, el Dpto de Investigación del Instituto de Educación Superior Estanislao Maldones y la Dirección de Educación Superior de la Provincia de Catamarca. 8 – 10 de octubre de 2020, San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. <http://adbia.org.ar/congreso2020/> Fecha límite de envíos: 1 de junio de 2020

OTROS EVENTOS PREVISTOS PARA EL 2020:

- **Simposio de Investigación en Educación en Física XV:** Información en <https://www.apfa.org.ar/sief/>
- **Escuela de Primavera del CONGRIDEC:** Organiza CONGRIDEC Y Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina, Setiembre de 2020, San Carlos de Bariloche
- **II Jornadas de Interdisciplinariedad y Enseñanza de las Ciencias Naturales:** Organiza Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina y Universidad Nacional del Comahue, CRUB, Setiembre de 2020, San Carlos de Bariloche
- **33 Congreso Argentino de Química.** Organiza Asociación Química Argentina. 13 al 16 de octubre del 2020 en el Edificio Sergio Karakachoff de la Universidad Nacional de La Plata, Ciudad de La Plata.

Pedido de aportes: Si los lectores han participado de algún evento y quieren hacer una reseña del mismo o si quieren difundir alguna reunión científica, pueden escribir a asfarre@unrn.edu.ar

Sección especial

Homenaje a la Tabla Periódica

Artículo invitado La magia de la Tabla Periódica <i>Plinio Sosa Fernández</i>	6
Artículo invitado La tabla periódica como recurso imprescindible para el aprendizaje y la divulgación de las ciencias <i>Gabriel Pinto</i>	17
Artículo invitado Los arboles de periodicidad y los elementos del bloque d de la tabla periódica estándar <i>Alfio Zambon</i>	53
Inspirados por la tabla periódica <i>María Gabriela Lorenzo</i>	69
Inspirados por la tabla... el carbono <i>María Gabriela Lorenzo</i>	71
Inspirados por la tabla... el hidrógeno <i>Germán Hugo Sánchez</i>	76
Inspirados por la tabla... el azufre <i>Fernando Capuya</i>	81
Inspirados por la tabla... el cobre <i>Teresa Quintero</i>	84
Inspirados por la tabla... la plata <i>María Belén Manfredi</i>	87
Inspirados por la tabla... el oro <i>Marcela Susana Altamirano</i>	91
Inspirados por la tabla... el mercurio <i>Laureano Leonel Sabatier</i>	93
#IYPT2019 <i>Andrea S. Farré</i>	96
Estrategias didácticas iberoamericanas para la enseñanza de la tabla periódica <i>Andrea S. Farré, Patricia Carabelli y Andrés Raviolo</i>	110
La tabla de la escasez. Una posibilidad para el abordaje en el estudio de la tabla periódica <i>Germán Hugo Sánchez, Adriana Emilia Ortolani y Héctor Santiago Odetti</i>	130
¿Qué anda diciendo la web sobre la tabla periódica? Pequeña guía de consulta <i>Ana V. Basso</i>	137

De interés

Tecnologías que aportan al desarrollo de competencias en química orgánica <i>Maximiliano I. Dellestese, R. Karina Nesprias y G. Nora</i>	144
Algunos consejos sobre la escritura de artículos <i>María Gabriela Lorenzo</i>	153
El Premio Nobel en Química 2019	164

Un poco de historia

Celebrando los 100 años de la unión internacional de la química pura y aplicada <i>María Gabriela Lorenzo</i>	174
Recordando orígenes: a 60 años del instituto de ciencias químicas <i>Natalia Pacioni</i>	180

Informaciones y novedades

Una química sin fronteras para la creación de un nuevo futuro. Celebrando los 100 años de la Iupac en París <i>María Gabriela Lorenzo</i>	185
XIII Conferencia de la Asociación Europea de Investigación en Educación en Ciencias (ESERA 19) <i>Leticia García</i>	190
Historias de Química y sociedad <i>Liliana Lacolla, Aldana Martín, Vanina Tedesco, Leila Rodríguez y, Silvia Brandariz</i>	194
Aprendiendo a investigar en educación de las ciencias experimentales. Escuela CONGRIDEC 2019 <i>María Belén Manfredi y Juan Manuel Rudi</i>	199
ESPACIOS CON ZOONOSIS Y ALIMENTOS, una propuesta para la enseñanza CTS en Biología y Química <i>Damian Lampert, Gerardo Leotta y Silvia Porro</i>	210
Congresos, Jornadas y Seminarios de Aquí y Allá. <i>Andrea S. Farré</i>	216