

118 mensajes en una botella. Historias y curiosidades de la tabla periódica. Del aula al universo: un viaje a través de la materia

118 missatges en una ampolla. Història i curiositats de la taula periòdica.
De l'aula a l'univers: un viatge a través de la matèria

118 messages in a bottle. History and curiosities about periodic table.
From classroom to universe: a journey through matter

Carlos Moreno Borrallo / Agora International School Andorra
Esther Márquez Fernández / Grupo Pasteur Andorra



resumen

La sociedad es un ente cambiante, dinámico, que evoluciona y se adapta al entorno como los seres vivos a los distintos ecosistemas. Y el aprendizaje, como parte fundamental de la misma, ha de ser el motor del cambio que genere en los estudiantes la curiosidad y el placer de aprender. La tabla periódica nos brinda la posibilidad de adentrarnos en historias de guerras que cambiaron el mundo, en ficciones literarias basadas en propiedades químicas, envenenamientos de personajes del mundo de la música, la ciencia o las artes. Tomando como base la tabla periódica, puede explicarse la historia de la humanidad. Y, además, puede hacerse de manera que los estudiantes aprendan a amar la química.

palabras clave

Elementos químicos, aprendizaje significativo, transversalidad, proyectos, guerras, envenenamientos.

resum

La societat és un ens canviant, dinàmic, que evoluciona i s'adapta a l'entorn com els éssers vius als diferents ecosistemes. I l'aprenentatge, com a part fonamental d'aquella, ha de ser el motor del canvi que generi en els estudiants la curiositat i el plaer d'aprendre. La taula periòdica ens brinda la possibilitat d'endinsar-nos en històries de guerres que van canviar el món, en ficcions literàries basades en propietats químiques, enverinaments de personatges del món de la música, la ciència o les arts. Prenent com a base la taula periòdica, es pot explicar la història de la humanitat. I, a més, pot fer-se de manera que els estudiants aprenguin a estimar la química.

paraules clau

Elements químics, aprenentatge significatiu, transversalitat, projectes, guerres, enverinaments.

abstract

Society is a changing, dynamic entity that evolves and adapts to the environment as living beings to different ecosystems. And learning, as a fundamental part of it, must be the engine of change that generates in students the curiosity and pleasure of learning. The periodic table gives us the possibility of entering in stories of wars that changed the world, in literary fictions based on chemical properties, poisonings of characters of music, science or the arts. Based on the periodic table, the history of humanity can be explained. And, in addition, doing it so that students learn to love chemistry.

keywords

Chemical elements, meaningful learning, transversality, projects, wars, poisoning.

Introducción

Si buscamos cuáles son los iconos culturales de la humanidad, encontraremos maravillas como el Machu Picchu, la Torre Eiffel, el Taj Mahal o la Alhambra, así como el fabuloso *Guernica* pintado por Picasso o *La última de cena* de Leonardo da Vinci. Pero, si hubiésemos de destacar una construcción bella, ordenada y que englobe toda la información para comprender la esencia de la naturaleza y, por ende, la composición de la materia, tendríamos que remitirnos a la tabla periódica como una de las aportaciones universales a la historia del conocimiento y de la cultura en general. En ella está escrito nuestro pasado, nos ayuda a comprender nuestro presente y su información será básica para el desarrollo de nuestro futuro.

«El aprendizaje es adaptación al ambiente. Es supervivencia», indica Helena Matute, catedrática de psicología experimental de la Universidad de Deusto, reforzando la idea de que la emoción es un fenómeno del funcionamiento del cerebro que nació hace doscientos millones de años, según afirma Francisco Mora Teruel, doctor en Medicina por la Universidad de Granada y en Neurociencia por la de Oxford. Antes que las que consideramos funciones básicas vitales, como comer, beber o la sexualidad, aparece el aprendizaje como elemento clave de la supervivencia. Y si lo fundamental en el funcionamiento del cerebro es la emoción, los docentes no podemos quedarnos al margen de anclar la enseñanza y el aprendizaje a las emociones.

Los procesos mentales, la riqueza en las conexiones sinápticas, ocurren en ambientes emocionalmente positivos y de colaboración. Dentro de las variadas clasificaciones de la memoria, podemos destacar aquella que la divide en

memoria a corto plazo, operativa y a largo plazo. Esta última es la que realmente está relacionada con un aprendizaje significativo, que aporta una mayor y más profunda comprensión de los conceptos y ayuda al estudiante a generar nuevas preguntas que le llevarán al desarrollo de la indagación como herramienta primordial de su conocimiento.

Esta es la idea que subyace en este proyecto: acercar el conocimiento de manera atractiva y sorprendente al alumno y relacionarlo con los elementos químicos. No tiene sentido memorizar datos de puntos de fusión, dureza o electronegatividad y perder la oportunidad de interactuar con el sistema límbico, despertando una perenne curiosidad y el placer de aprender tras la correspondiente dosis de dopamina que activará las zonas cerebrales responsables de la memoria y la comprensión.

La diferencia entre un profesor y un excelente profesor se basa en despertar el interés de los alumnos a través de la emoción, que será la responsable de fijar la atención y fomentar la curiosidad.

Descripción del proyecto

Este proyecto surge con el objetivo de acercar la tabla periódica y sus elementos a todos los alumnos de un modo diferente, dinámico y participativo. Desarrollamos nuestra idea en distintas etapas, de manera que

desde alumnos de primaria hasta bachillerato puedan interactuar según sus edades, conocimientos y habilidades. El proyecto consta de varias fases:

- Adopta un elemento: primera fase, en que los alumnos eligen, junto con sus familias, un elemento que adoptar (fig. 1).
- Conoce tu elemento: fase en que el alumno, con la ayuda de sus padres y profesores, conoce e investiga sobre su elemento.
- Diseña una botella con tu elemento: fase de creatividad donde diseñar y decidir aquello que representa la historia de cada elemento.
- Construcción de la tabla completa: montaje de todos los elementos suspendidos en el aire y de la estructura general.
- Participación en eventos y ferias de divulgación: viajar con los alumnos a ferias por toda España para mostrar el trabajo realizado y transmitir al público lo fascinante de las historias y de la química.
- Creación de un libro que recoja las historias de los elementos químicos: única fase no completada (todavía) y que quiere ser un libro de fácil lectura para todos los públicos, que muestre pequeños destellos de la historia de la humanidad a través de la química.

Durante muchos años, la enseñanza por parte del profesorado y, por tanto, el aprendizaje del sistema periódico se ha basado



Figura 1. Póster «Adopta un elemento», elaborado por los alumnos.

en una tarea memorística, en el peor de los casos. Y en el mejor de ellos, en un estudio de las características y propiedades de los distintos elementos. Los profesores tratamos que nuestros alumnos conozcan el porqué de esta distribución, que sepan razonar la variación de propiedades como el radio atómico, la energía de ionización o la afinidad electrónica, entre otras. Y, cómo no, hacer ver la importancia de su estructura para entender el enlace químico o los números de oxidación.

Todo ello es una tarea fascinante, a veces más para quien lo transmite que para quien lo recibe. Y eso nos llevó a la idea de que, en lugar de aprenderla con ayuda de originales reglas mnemotécnicas, podíamos aprender a amar la tabla periódica. Sí, hemos dicho *amarla*. Y no puede amarse lo que nos llega como una relación de símbolos y números atómicos alejados de nosotros, de nuestras emociones.

Cuando las personas nos enamoramos, sentimos una inicial fascinación por quien tenemos delante, e inmediatamente después surge el deseo de conocer más profundamente sus inquietudes, deseos y vivencias.

Los elementos y sus historias

Pero ¿cómo iniciar ese proceso de enamoramiento hacia los metales alcalinos o hacia la familia de los halógenos? Pues del mismo modo que surgen las grandes historias de amor:

impresionando a nuestros alumnos con lo más desconocido y fascinante de los protagonistas de la tabla periódica.

Si somos capaces de contar las maravillosas relaciones de los elementos químicos con la mitología, la pintura y la música, captaremos su interés y pronto querrán saber más sobre los envenenamientos de Newton, Napoleón o Mozart; quedarán absortos con las implicaciones en el desarrollo de la Primera y la Segunda Guerra Mundial, y se indignarán con la marginación de la mujer en distintos descubrimientos de la ciencia y conocerán cómo algunas de ellas (pocas) recibieron su homenaje en forma de nombre en un elemento químico.

Contar historias de los elementos químicos los hace más cercanos, más reales y mucho más interesantes. Pero también creímos importante que fuese una estructura original y donde cada historia tuviese su reflejo en forma de objetos creativos y diseñados por nosotros mismos.

Tras ver la cantidad de tablas periódicas creativas y bellas que ya se habían diseñado, nos decantamos por una idea un tanto romántica a partir de la película *Mensaje en una botella*, protagonizada por Kevin Costner y Robin Wright: crearíamos nuestros ciento dieciocho mensajes en otras tantas botellas de vidrio transparente, de un litro de capacidad, y las mostraríamos suspendidas en el aire, como nuestros sueños

en este proceso de aprender a amar a los elementos químicos.

Cada botella debería contener en su interior objetos reales o diseñados por nosotros mismos que mostrasen aquello que queremos destacar de su nombre, sus aplicaciones, su historia o sus curiosidades, tratando de huir de lo más cotidiano y buscando un relato que hiciera fascinante al radio, como medicamento milagroso y vigorizante, o al plomo, como posible causante de la caída del Imperio romano.

Y todos y cada uno de los ciento dieciocho elementos tendría su representación, desde el más abundante del universo al de vida más corta. Desde el hidrógeno al oganesón, todos tendrían su minuto de gloria (fig. 2).

Además, en el proceso de construcción, nos dimos cuenta de que este es un proyecto vivo, en constante evolución, donde las ideas para diseñar cada elemento se modifican durante la fase de documentación e investigación y siempre son susceptibles de ser reemplazadas por nuevas historias e ideas más potentes y originales.

Podemos presentar el hidrógeno como el elemento más simple, con un protón y su único electrón, o podemos contar la increíble historia de los zepelines y su uso como transporte de recreo, aunque también como arma bélica en la Primera Guerra Mundial, y explicar cómo la explosión del *Hindenburg* fue el principio del fin de estos impresionantes artefactos voladores; incluso podemos visionar el accidente en https://youtu.be/8i_afa7h36w y explicar sus características como gas inflamable y causante del desastre que provocó cuarenta y seis muertes en 1937, y poder enlazar en ese momento con la sustitución del hidrógeno por el helio a causa de las propiedades de estabilidad que comparte con los elementos

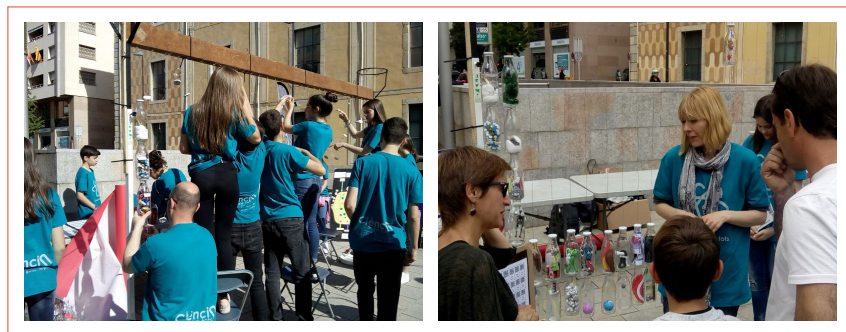


Figura 2. Participación en la feria Ciència entre Tots (Girona).



No

Es

B

Figura 3a. Nobelio (Alfred Nobel y la dinamita), einstenio («Dios no juega a los dados») y boro (resistencia del borosilicato).



Al

Dm

Cm

Figura 3b. Aluminio (latas de refrescos), darmstadtio (Universidad de Darmstadt) y curio (por Marie y Pierre Curie).

de su familia, los gases nobles (Schwarcz, 2015). Y, debido a la poca reactividad de esta familia, podemos añadir que se usa alguno de ellos, como el argón, para preservar de la oxidación a los vinos caros, sustituyendo el aire que queda una vez abierta la botella por este elemento.

En el estudio de la tabla periódica, encontramos muy distintos criterios para agrupar los elementos, como la mitología (vanadio, niobio, prometio, tantalio, etc.), los envenenamientos históricos (polonio, radio, arsénico, talio, antimonio, mercurio, etc.), la guerra (cloro, estaño, wolframio, uranio, molibdeno, etc.), la pintura (manganeso, cadmio), los científicos (curio, rutherfordio, copernicio, einstenio, mendelevio, bhorio, meitnerio, fermio, etc.), países (francio, rutenio, germanio, americio, etc.), universidades (berkelio, dubnio, darmstadtio) y muchas otras clasificaciones (fig. 3a, 3b y 3c).

Una de las cosas que aprendimos con nuestros alumnos mientras el proyecto iba creciendo era el origen de los nombres. Dentro de las distintas propuestas, cabe destacar aquellos elementos que homenajean a científicos importantes de la historia y que han de cumplir un requisito indispensable: estar muertos. Es decir, en vida no es posible presumir de elemento químico.



Br

Rf

Kr

Figura 3c. Bromo (sales de bromo en fotografía), rutherfordio (Ernest Rutherford) y Kr (similitud de la jadarita con la ficticia kriptonita).

Pero incluso aquí tenemos excepciones, como el seaborgio, que recibe el nombre de Glenn Seaborg, investigador de la Universidad de Berkeley que fue el primero en detectar un elemento transuránico y que durante más de diez años, junto a su equipo, descubrió los elementos con número atómico desde el 93 al 102. Por su enorme aportación al sistema periódico, se le concedió el honor de ser la primera persona viva con un elemento que lleva su nombre, todo ello tras una fuerte controversia (Kean, 2015).

Sin embargo, hay otros casos, como el del galio, descubierto por Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran en 1875, que también descubrió el samario y el disprosio. Cuando el científico propuso el nombre *galio*,

se dispararon las críticas por la similitud de su propio nombre, Lecoq, con 'el gallo', pero adujo que era en honor a su patria, Francia, llamada Galia en la antigüedad (Navarro Yáñez, 2015).

El último conflicto en este sentido se ha dado con el elemento 118, el oganesón. En un principio, fue descubierto por el equipo de investigación de Berkeley liderado por Albert Ghiorso. La detección de al menos tres átomos del elemento se realizó mediante choques entre isótopos de Kr y Pb, mediante una reacción en que se emitía un neutrón y que era conocida desde hacía años. Sin embargo, laboratorios en desahogada competencia como eran las universidades de Darmstadt (Alemania) y Dubnia (Rusia) no pudieron reproducir el

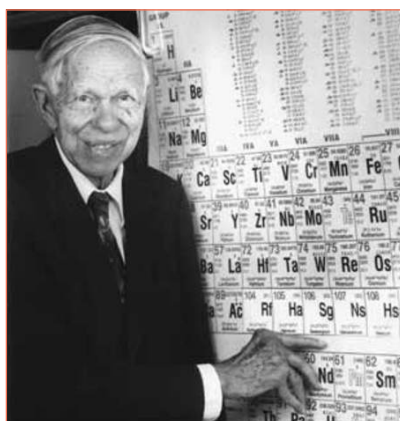


Figura 4. Glenn Seaborg señalando el elemento bautizado en su honor.

experimento, algo que en ciencia es indispensable, y tres años después tuvieron que reconocer que el principal responsable de los experimentos, Víctor Ninov, había manipulado los datos. Fue entonces, en plena rivalidad por descubrir el elemento 118, cuando se realizó su síntesis en Dubnia por un equipo bajo la dirección de Yuri Oganesián, y por eso hoy se ha aceptado el nombre *oganesón* en su honor, algo con lo que muchos científicos no están de acuerdo, por ser excesivo el honor en comparación con las aportaciones de otras grandes mentes (Aldersey-Williams, 2015).

Puede observarse que incluso en la ciencia de altas energías aparecen intrigas, engaños y mentiras para lograr el reconocimiento inicial y la gloria posterior.

Realmente, hay historias tan fascinantes que es imposible contar en un artículo, y tampoco es nuestra pretensión hacerlo, pero sí sembrar la curiosidad por indagar y sumergirse en las intrigas de la tabla de Mendeléiev. Aun así, queremos dar una pincelada sobre otro elemento con nombre de ciudad, el livermorio, en honor a la ciudad de Livermore (California). Allí se encendió, el 18 de junio de 1901, una bombilla con filamento de carbono (fig. 5) que lleva encendida desde entonces ininterrumpidamente, a excepción de dos



Figura 5. Bombilla con filamento de carbono que se mantiene encendida en Livermore.

momentos puntuales, en 1937 y 1976 (Parra, 2015). Puede verse en directo y en línea en <http://www.centennialbulb.org/cam.htm>.

Envenenamientos y curiosidades

Hay historias para cada elemento, pero algo que llama la atención sobremanera son aquellos con capacidad para causar la muerte, ya sea por su toxicidad o por sus propiedades fisicoquímicas.

El arsénico es, sin duda, el elemento más conocido en envenenamientos, tanto en la literatura, donde Madame Bovary lo ingiere para provocarse la muerte y aparece en las novelas de Agatha Christie, como en el cine, con la adaptación de Frank Capra de *Arsénico por compasión* (<https://youtu.be/JruS4YlfGIE>). El arsénico contenido en un matahormigas llamado Diluvión fue el que se utilizó en tres envenenamientos, uno de ellos con resultado de muerte. La elección de este producto tenía su base en que el arsénico estaba mezclado con melaza y su sabor dulce ayudaba a enmascarar sus propósitos. Es una historia dura, de supervivencia, de una niña que llegó a convertirse en asesina y a cuyo verdugo hubo que emborrachar para que llevase a cabo su misión. Puede verse en el documental *Queridísimos verdugos*, que salió a la luz en 1977: <https://youtu.be/vpg2UzUvmP4>.

También cabe destacar la increíble historia del envenenamiento accidental de una adolescente con talio, cuyos síntomas

fueron detectados por una enfermera londinense por recordarle la descripción de una novela de Agatha Christie, *The pale horse*, que poseía formación sanitaria, y que, además de salvar la vida de la joven, sirvió para crear un protocolo de actuación frente a la intoxicación por este elemento (Scerri, 2013).

Y un metal que ha formado parte durante años de las tuberías, como es el plomo, pudo tener efecto en las locuras de los emperadores de la antigua Roma, por acumulación en sus organismos y provocando graves alteraciones neurológicas. Los romanos eran grandes aficionados a las bacanales regadas siempre con abundante vino, que reposaba durante días en recipientes de cobre o plomo. El contacto del vino con estos metales provocaba, de forma lenta, una reacción química en que se obtenía como producto el acetato de cobre o de plomo, respectivamente. Pero, así como el compuesto de cobre tenía un sabor amargo, el acetato de plomo endulzaba el vino, por lo que su consumo permanente podría haber sido el responsable de más de una locura. A pesar de ser conscientes de que este no fue en ningún caso el responsable de la caída del Imperio romano, sí nos sirve, sin faltar a la verdad, como introducción al estudio de un nuevo elemento (Öhrström, 2014).

¿Y cómo relacionar la maravillosa obra de Lewis Carroll *Alicia en el país de las maravillas* con el hidrargirismo, es decir, la intoxicación con mercurio? Existe una expresión para denotar a aquellos que pierden la cabeza, «estar loco como un sombrerero», que tiene su raíz en la intoxicación de quienes se dedicaban a tratar las pieles de los sombreros y en cuyo proceso inhalaban vapores de mercurio. De ahí que el personaje conocido como Sombrerero Loco se mostrara con tan alto nivel de incoherencia.

Guerras

No queremos dejar de hacer un homenaje especial a los elementos descubiertos por españoles, como son el platino, el vanadio y el wolframio. Trascendente es una de las aplicaciones de este último, utilizado por los nazis en la Segunda Guerra Mundial para dotar a sus carros de combate de resistencia a los proyectiles, con la complacencia y el negocio económico por parte de España y Portugal, con los dictadores Salazar y Franco favoreciendo, previo pago, la extracción y el transporte de este preciado metal hasta la Alemania nazi (Challoner, 2018). Y no es menos curioso que el vanadio, que toma su nombre de Vanadis, la diosa de la belleza y la fertilidad, hoy tenga como una de sus aplicaciones las cremas espermicidas que actúan sobre los flagelos de los espermatozoides, ayudando a la infertilidad.

Dejaremos para otra ocasión la historia del cloro y de cómo Fritz Haber lo utilizó, en la Primera Guerra Mundial, como arma en la «guerra de trincheras», y de cómo dejó de asistir al funeral de su mujer, cuyo suicidio fue por la mala praxis de su marido al relacionar la química con la muerte. Y también cómo, en esas mismas trincheras, un joven cabo de nombre Adolf fue testigo del uso de gases para causar la muerte. Quién sabe si en el futuro ese aprendizaje le sirvió para idear métodos de exterminio crueles e inhumanos (Díaz León, 2015).

Divulgación de la experiencia

Creemos firmemente que la mejor forma de acercarse al estudio de la tabla periódica es disfrutar de ella, de sus pequeñas historias, y eso lo hemos podido constatar tanto en las clases como en las exposiciones en distintas ferias.

Las últimas fases del proyecto hacen hincapié en la divulgación

más allá del aula y el centro escolar, donde también se expone la tabla en el espacio de recepción (fig. 6). Más allá del aula, hemos participado en diferentes ferias y concursos dirigidos a promover el estudio y el conocimiento científico:

- Ciencia en Acción 2015, Algeciras.
- Ciència entre Tots 2016, Girona (fig. 2).
- Ciència al Carrer 2017, Lleida.
- Congreso Divulgación DDD 2017, Guadalajara.
- Ciencia en Acción 2018, Viladecans (fig. 5).
- Jornadas STEM 2019, Tàrraga.

En esta página web podéis ver la foto de cada botella y un pequeño vídeo explicativo del porqué de su diseño: <http://proyectos.cimand.net/pt/>.

Referencias

- ALDERSEY-WILLIAMS, H. (2015). *La tabla periódica: La curiosa historia de los elementos*. Barcelona: Ariel.
- CHALLONER, J. (2018). *Los elementos: La nueva guía de los componentes básicos del universo*. Madrid: Libsa.
- DÍAZ LEÓN, E. J. (2015). *Las máquinas bélicas de Leonardo y otras historias científicas sobre ciencia y guerra*. Córdoba: Guadalmezán.
- KEAN, S. (2015). *La cuchara menguante*. Barcelona: Ariel.
- NAVARRO YÁÑEZ, A. (2015). *El secreto de Prometeo y otras historias sobre la tabla periódica de los elementos*. Córdoba: Guadalmezán.
- ÖHRSTRÖM, L. (2014). *El último alquimista en París: Y otras historias curiosas de química*. Barcelona: Planeta.
- PARRA, S. (2015). *El elemento del que solo hay un gramo y otras historias sobre física, química y sustancias asombrosas*. Córdoba: Guadalmezán.
- SCERRI, E. (2013). *50 elementos químicos: Qué son y qué representan*. Barcelona: Blume.

SCHWARCZ, J. (2015). *Monos, mitos y moléculas: La química nuestra de cada día*. Barcelona: Pasado&Presente.



Carlos Moreno Borrallo

Es licenciado en Química por la Universidad de Valencia. Profesor de física, química y matemáticas. Jefe del Departamento de Ciencias del Col·legi del Pirineu y Agora International School Andorra. Profesor de la Universidad de Andorra, en el grado de Ciencias de la Educación. Finalista, mención de honor y premiado en Ciencia en Acción. Ponente en diversos congresos y jornadas, como Scientix y TEDxAndorraVella. Escritor en el blog *Ciencia y tecnología* de RTVA y en el especial sobre educación de la revista *El Escéptico*. C. e.: Carlos.Moreno@agorainternacionalandorra.com.



Esther Márquez Fernández

Es licenciada en Farmacia por la Universidad de Valencia, donde ha sido profesora y jefa del área de biología. Actualmente es farmacéutica titular del Grupo Pasteur en Andorra. Finalista, mención de honor y premiada en Ciencia en Acción. Ponente en diversas jornadas y congresos, como CTM Lleida, el ciclo *Aula abierta* de la Consejería de Educación de Andorra, Ciencia y Pseudociencia (ARP) y en las Jornadas de Prevención de Residuos de la Comunidad Económica Europea, y escritora en la revista *El Escéptico*. C. e.: em Marquezpirineu@gmail.com.