



150 ANYS DE TAULES PERIÒDIQUES A LA UNIVERSITAT DE BARCELONA

Dirigido por Santiago Álvarez y Claudi Mans
Edicions Universitat de Barcelona, 2019

La tabla periódica, más allá de Mendeléiev

*Una historia colectiva de la creatividad en aulas
y laboratorios que imbrica ciencia, política y cultura*

2019 ha sido reconocido como el Año Internacional de la Tabla Periódica por constituir el sesquicentenario de la clasificación de los elementos químicos presentada por el químico ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev en 1869. Aunque la invención de este icono de la química suele vincularse a un momento de genialidad del químico ruso, en las últimas décadas los historiadores de la ciencia han cuestionado esta visión. La investigación histórica ha mostrado que la tabla periódica fue el resultado de un esfuerzo colectivo de diversos profesores de química que, impulsados por una intencionalidad pedagógica, buscaron la forma más adecuada de organizar los elementos químicos entonces conocidos. De este modo, la tabla periódica adoptó formas diversas en continente y contenido. Las páginas de los libros de química de los últimos 150 años y las paredes de algunos espacios de ciencia todavía dan cuenta de ello. Esto es precisamente parte de lo que el lector podrá encontrar al sumergirse en esta obra coordinada por Santiago Álvarez y Claudi Mans.

150 anys de taules periòdiques a la Universitat de Barcelona es un texto trilingüe (en catalán, castellano e inglés) que muestra el lenguaje universal que la tabla periódica supone para la química. Un lenguaje que va más allá de los símbolos o los nombres de los elementos y que incluye colores, columnas y filas.

A lo largo de una selección de 114 tablas periódicas, el lector podrá descubrir símbolos y nombres de elementos que pasaron a los anales de la historia de la ciencia, como el glucinio, Gl (hoy, berilio, Be); el celtio, Ct (hoy, hafnio, Hf) o el kurchatovio, Ku (hoy, rutherfordio, Rf). Si bien pudieran parecer anecdóticos, los cambios en las denominaciones de los ele-

mentos químicos reflejan el carácter colectivo y controvertido del descubrimiento de un elemento químico, a la par que se revelan de utilidad para la datación de las tablas periódicas. Asimismo, el lector podrá comprobar que los colores empleados para rellenar las casillas donde se sitúan los elementos químicos varían de una tabla periódica a otra, pudiendo informar sobre el estado físico del elemento (sólido, líquido o gas), su carácter radiactivo o sintético, o la existencia de propiedades químicas análogas entre elementos.

En las tablas periódicas convencionales, los elementos con propiedades químicas análogas suelen situarse en la misma columna. Sin embargo, no es así en los formatos adoptados por otras clasificaciones, como la clasificación espiral de John D. Clark de 1933 (que inspiró el sistema periódico publicado por la revista *Life* en 1949) o la clasificación galáctica propuesta por Philip J. Stewart en 2007. Ambos ejemplos constituyen una pequeña muestra de la creatividad subyacente tras la historia de la tabla periódica [*véase* «La tabla periódica», por Eric R. Scerri; *INVESTIGACIÓN Y CIENCIA*, abril de 2008].

Otra de las conclusiones a las que han llegado los historiadores de la ciencia en los últimos años es que la tabla periódica no fue un modelo único propuesto por Mendeléiev y universalmente aceptado por la comunidad científica desde su presentación hace 150 años. Si bien Mendeléiev falló en buena parte de las predicciones sobre los elementos que debían ocupar algunos huecos de su tabla, las predicciones acertadas sirvieron para que, en las últimas décadas del siglo XIX, esa tabla fuera considerada de interés por la comunidad científica del momento. No obstante, en las aulas, la tabla periódica estuvo lejos de ser aceptada de forma unánime.

En los últimos años se ha estudiado la recepción y circulación del sistema periódico de Mendeléiev en diversos territorios, como Rusia, Alemania, Noruega, Francia, Dinamarca, España, Portugal, Italia o Japón. En esta línea, esta obra es de gran interés para abordar el caso catalán. Tal y como el lector podrá comprobar, la tabla periódica de Mendeléiev tuvo un papel poco destacado en los manuales de finales del siglo XIX, como el publicado en 1878 por el catedrático José Ramón de Luanco. Por el contrario, buena parte de los manuales optaban por otras clasificaciones, como las listas de elementos ordenados alfabéticamente con sus principales características. Asimismo, existieron otras representaciones diferentes a las de Mendeléiev que inspiraron a los docentes para sus clases. Tal es el caso de la tabla periódica de 1925 del químico alemán Andreas von Antropoff, la cual inspiró al profesor de química valenciano Antonio García Banús en 1933 para el mural de sus clases en la Universidad de Barcelona.

Pero, además, la historia de la tabla periódica no es solo la historia de un producto colectivo de la ciencia en las aulas que circuló por manuales y murales, por salones de clase y laboratorios. Es también un reflejo de la historia política. Si en la tabla periódica de Mendeléiev encontramos un reflejo del orden social y político por el que abogó para la Rusia zarista del siglo XIX, otras tablas periódicas del siglo XX también se revelan imbricadas con la política.

Tal es el caso del sistema periódico de Antropoff al que aludíamos antes. Al sumergirse en esta obra, el lector descubrirá cómo el célebre químico estadounidense Linus Pauling se inspiró en él para su manual de química, aunque sin citar

al alemán, probablemente por su proximidad al régimen nazi. Otro ejemplo que imbrica ciencia y política a través de la tabla periódica lo encontramos en el mural situado actualmente en el aula 111 de la facultad de filología de la Universidad de Barcelona. Tal y como explica Mans, se trata de la tabla periódica de García Banús, que fue catedrático de química orgánica en la Universidad de Barcelona desde 1915 hasta su exilio en 1938. Su tabla, inspirada en la de Antropoff, acompañó en el salón de clases a varias generaciones de estudiantes de química de la Universidad de Barcelona incluso durante la dictadura franquista. Esta his-

toria, la de la tabla de un profesor republicano que se inspiró en un profesor nazi y que perduró en el franquismo, muestra cómo la historia de la tabla periódica refleja también algunos de los capítulos de nuestra historia política.

A través de las páginas de esta obra, imprescindible en la biblioteca de todo lector interesado en el sistema periódico, es posible comprobar cómo la tabla periódica trasciende el ámbito de la química y de la ciencia. Hablar de la tabla periódica es hablar de una forma de ordenar y distribuir elementos, no necesariamente químicos. Así, el lector podrá encontrarse con tablas periódicas de la ortografía, de

los tipos de letras, de la mercadotecnia o de los ataques cibernéticos. Una muestra más de la creatividad subyacente tras la historia de la tabla periódica. Una historia colectiva que en *150 anys de taules periòdiques a la Universitat de Barcelona* llevará al lector desde murales cerámicos a relojes y abanicos, de las aulas a los laboratorios, de la política a la cultura. Desde una historia de la tabla periódica centrada en un único individuo, hasta una historia plural, viva y rebosante de creatividad.

—Luis Moreno Martínez

*Instituto Interuniversitario López Piñero
Universidad de Valencia*



**IMPRESSIONABLE BIOLOGIES
FROM THE ARCHAEOLOGY OF PLASTICITY
TO THE SOCIOLOGY OF EPIGENETICS**

Maurizio Meloni
Routledge, 2019

Plasticidad biológica

La epigenética y el cuestionamiento de la centralidad del gen en la era posgenómica

No es conforme con la ciencia empírica mezclar su metodología con las técnicas epistemológicas empleadas en ciencias sociales y en filosofía del conocimiento. Si el lector logra separar los planos de una y otras sacará provecho del libro de cabecera, el cual trata sobre una de las áreas de la biología más productivas y de mayor futuro: la plasticidad epigenética.

La primera connotación que evoca el término *plasticidad* es la relacionada con las sinapsis neuronales, de la que hablaron los fundadores de la neurociencia moderna para designar cambios que dependen de la actividad neuronal. La forma más estudiada de plasticidad sináptica es la que se encuentra en el hipocampo, región cerebral de particular interés para el aprendizaje y la memoria. En biología, en cambio, la plasticidad es la capacidad de las células o de los organismos para modificar sus propiedades y comportamiento en respuesta a los cambios producidos en el medio. Intercambia a menudo su sig-

nificado con el de elasticidad e incluso polimorfismo, maleabilidad o reversibilidad. De hecho, la plasticidad abarca múltiples procesos de tipos muy dispares. Además de una plasticidad sináptica tenemos una morfológica, inmunitaria, psíquica, conductual o mental. De igual modo, la embriología aborda la plasticidad de reprogramación de las células, la inmunología estudia la producción de anticuerpos contra nuevos patógenos y la neurociencia se ocupa del establecimiento de conexiones sinápticas. La epigenética, por su parte, nos remite a la maleabilidad de la expresión genómica.

El término fue acuñado en los años cuarenta del siglo pasado por Conrad Hal Waddington en sus estudios del desarrollo embrionario. Se propuso crear una nueva disciplina que fundiera la embriología y la genética. Durante mucho tiempo, se dio por sentado que las células quedaban circunscritas a un linaje determinado y que así persistían, fijas y estables, en su

estado diferenciado. Pero hoy sabemos que nada hay estanco ni cerrado, sino que tales procesos y estados se hallan sujetos a una regulación dinámica y se alteran sin dificultad.

Así, se han reprogramado células para expresar genes característicos de otro tipo celular, en particular células pluripotentes. En las fases iniciales de la embriogénesis, las células pueden diferenciarse y originar otras que conformarán los distintos tejidos que concluirán en la configuración del organismo entero e incluso el tejido extraembrionario, como la placenta. Ese proceso de especificación celular está controlado por la interrelación entre factores endógenos y exógenos. En el estadio de blastocisto del embrión, las células de la masa interna, de las que derivan las células madre, son pluripotentes; es decir, tienen capacidad para formar las tres capas germinales: el endodermo, el ectodermo y el mesodermo.

Las células de cada una de esas capas darán origen a los tejidos respectivos y no cambiarán fácilmente de destino: un hepatocito no se trocará espontáneamente en un cardiomiocito. Pero esas células embrionarias son plásticas. Su destino final puede cambiar si se trasplantan y se exponen a un microentorno distinto. Dicha plasticidad se estudia a nivel del genoma (mediante el análisis de las modificaciones epigenéticas), de la célula individual y del organismo entero (durante el desarrollo del embrión o los cambios de conducta en adultos).

El fenotipo del organismo es producto de sus genes y del entorno. Pero los datos obtenidos a partir de gemelos revelan que la variación en las secuencias de ADN y en las diferencias ambientales no agotan las causas de la variación observada en

los rasgos complejos y las enfermedades. Los factores epigenéticos, que residen en la interfaz entre genes y entorno, desempeñan un papel central en la variabilidad fenotípica.

Debido a que los factores epigenéticos son a menudo maleables y plásticos, y reaccionan por ende ante determinados estímulos y señales del medio interno y externo, las modificaciones epigenéticas del ADN pueden resultar cruciales para comprender las bases moleculares de fenotipos complejos. Esos cambios epigenéticos inducidos pueden cristalizar y propagarse durante la división celular, lo que conlleva el mantenimiento permanente del fenotipo adquirido. Por eso, suele afirmarse que en la plasticidad epigenética puede esconderse el mecanismo molecular básico que subyace a caracteres complejos y numerosas enfermedades [véase «Mapa de la regulación epigenética», por

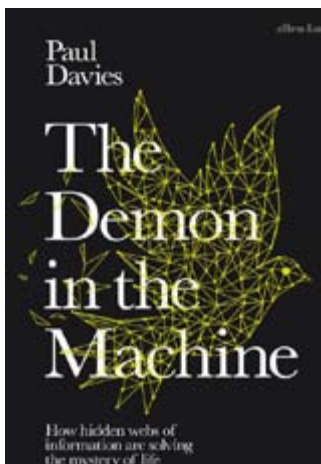
Dina Fine Maron; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, agosto de 2015].

En un artículo célebre, Natan P. F. Kellermann, psicólogo experto en supervivientes del Holocausto, se preguntaba en el título si había una transmisión epigenética del trauma; si las pesadillas y tormentos podían heredarse. Tras responder afirmativamente, declaraba que la epigenética añadía una nueva dimensión psicológica, más integral, a la explicación de la transmisión del trauma a través de las generaciones. Los descendientes estaban marcados epigenéticamente con un revestimiento químico de sus cromosomas, lo que representaría una suerte de «memoria biológica» de lo experimentado por los progenitores [véase «Experiencias heredadas», por Ulrike Gebhardt; MENTE Y CEREBRO n.º 91, 2018].

Meloni, profesor de sociología en la Universidad Deakin, en Australia, y teó-

rico social dedicado a las relaciones entre ciencia y sociedad, centra su atención en las cuestiones posgenómicas que están emergiendo y que comienzan a minar las coordenadas intelectuales establecidas en el debate sobre las relaciones entre biología y sociedad. Muchas de estas coordenadas se reputaron por ciertas durante el siglo XX, pero no parece que puedan ya sostenerse cuando se niega la existencia de una distinción nítida y tajante entre causas biológicas y causas sociales, terreno en que se mueve *Impressionable biologies*. La inclinación social del autor se refleja en el título de una obra precedente, *Political biology*, el cual hace un maridaje de dos términos que resulta incómodo para la genética y para la epigenética por las continuas concesiones a especulaciones sin base empírica.

—Luis Alonso



**THE DEMON IN THE MACHINE
HOW HIDDEN WEBS OF INFORMATION ARE
FINALLY SOLVING THE MYSTERY OF LIFE**

Paul Davies
Allen Lane, 2019

**La vida contra
la entropía**

*Un tratado sobre física y biología
que toma el relevo donde lo dejó
Erwin Schrödinger*

Durante largo tiempo, la biología se basó en teorías puramente cualitativas y en ensayos con sujetos experimentales que rehusaban hacer lo mismo dos veces. Hoy, sin embargo, la disciplina se sustenta en una montaña de datos. Impulsada por las revoluciones en biología molecular y computación acaecidas durante el siglo XX, la biología ha pasado de observar y describir a secuenciar y calcular. Esa tendencia la ha acercado a la física, lo que ha llamado la atención de un buen número de expertos en esta ciencia.

Uno de los pensadores que han trascendido la frontera entre ambas disciplinas es el cosmólogo y escritor Paul Davies. En su último libro, *The demon in the machine* («El demonio en la máquina»), de-

fiende que el concepto de información no solo es fundamental para la biología, sino también para entender la propia vida. Davies sigue así los pasos del célebre físico austriaco Erwin Schrödinger, quien en 1943 impartió una serie de conferencias en el Trinity College de Dublín (publicadas el año siguiente con el título *¿Qué es la vida?*) donde desgranaba buena parte de los principios de la genética molecular una década antes de que se descubriera la estructura del ADN.

En su calidad de experto en la teoría cuántica, a Schrödinger le sorprendió que los átomos, a pesar de comportarse de un modo profundamente imprevisible, pudieran dar lugar a sistemas muy ordenados, capaces de persistir durante largos

períodos de tiempo e incluso de replicarse. Ese comportamiento parece sortear la segunda ley de la termodinámica, la cual establece que el valor total de la entropía (una medida del desorden de un sistema) no puede sino aumentar.

Este apunte histórico le sirve a Davies de punto de partida. Como cosmólogo, sin embargo, su principal pregunta no surge al considerar lo extremadamente pequeño, sino lo incomparablemente grande. Si la vida existe en otras partes del universo, se pregunta Davies, ¿cómo podríamos reconocerla? Buscar en otros planetas signos de agua líquida, de química orgánica o de gases atmosféricos, como oxígeno, dióxido de carbono o metano, tiene sentido dadas las características del único ecosistema que conocemos. Pero a Davies le parece sumamente estrecho de miras —y al autor de estas líneas también— dar por sentado que esos elementos constituyen la esencia de la vida.

Davies defiende que las características que definen la vida se entienden mejor en términos de información. Es este un punto de vista mucho menos absurdo de lo que pudiera parecer. También la energía es abstracta y, aun así, la aceptamos como factor causal sin demasiados problemas. De hecho, la energía y la información guardan una íntima relación a través de la entropía.

Davies explica esa conexión a partir del demonio de Maxwell. En el siglo XIX, el físico James Clerk Maxwell propuso un célebre experimento mental en el que

consideraba una hipotética bestia diminuta encaramada a una abertura entre dos recipientes de gas. Dependiendo de la energía cinética de las moléculas, el animalillo solo deja pasar unas u otras. De este modo, y al menos en principio, podría hacer que todas las moléculas rápidas acabasen en un recipiente y todas las lentas en el otro. Ello reduciría la entropía total del sistema (al incrementar el orden) y, en consecuencia, violaría la segunda ley de la termodinámica.

La resolución a esta paradoja parece residir en el hecho de que, para llevar a cabo su tarea, el demonio debe primero obtener información sobre las propiedades de cada molécula. Y para ello necesita algún dispositivo de registro, como un cerebro o un cuaderno diminuto. Al tener en cuenta los procesos asociados al tratamiento de la información en dicho registro, puede verse que la entropía total (la del gas más la del demonio) siempre aumenta.

Desde esta perspectiva, cabe considerar que los sistemas vivos se hallan compuestos por innumerables de estos «demonios» (proteínas y otra maquinaria celular) que mantienen el orden a nivel local a costa de bombear desorden (a menudo en forma de calor) al entorno. Davies actualiza hábilmente la observación de Schrödinger usando la teoría de la información de Shannon, las máquinas de Turing (computadoras universales), las máquinas de Von Neumann (constructores universales capaces de autorreplicarse), la biología molecular, la epigenética, la teoría de la información integrada (referida a la consciencia) y la biología cuántica (encargada de estudiar los efectos cuánticos en procesos que van desde la fotosíntesis a la coloración de los insectos y el vuelo de las aves).

Aunque hilar una narrativa coherente a partir de temas tan dispares podría resultar complicado, Davies lo logra de manera admirable, permitiéndose tan solo alguna que otra incursión en cuestiones que parecen un tanto fuera de lugar. Una es la breve reseña a su trabajo sobre el cáncer, enfermedad que no ve tanto como un ejemplo de maquinaria celular estropeada, sino como una regresión a un estadio evolutivo anterior, cuando los organismos unicelulares respondían a las condiciones adversas reproduciéndose.

¿Qué consecuencias prácticas tiene considerar la vida desde el punto de vista de la información? Aún no lo sabemos, pero podemos conjeturar. En primer lugar, si las características esenciales de la

vida son entrópicas, puede que sea un error basarnos en la química a la hora de buscar vida extraterrestre. Podría resultar más útil intentar identificar fenómenos como la «antiacreación»: la transferencia regular de materia desde la superficie de un planeta hacia el espacio. La Tierra lleva experimentando este proceso desde los años cincuenta, cuando comenzamos a contrarrestar el tráfico unidireccional de asteroides y meteoritos hacia nuestro planeta con el lanzamiento de los primeros satélites artificiales. Cabe argumentar que tales situaciones no solo son compatibles con la presencia de vida, sino que resulta casi imposible explicarlas de otra manera.

Por otro lado, una definición de vida que no se centre en un sustrato basado en el carbono, sino en sus características informacionales, podría obligarnos a reconsiderar nuestra postura sobre los sistemas artificiales integrados en los ordenadores. Ya estamos empezando a tratarlos como compañeros, pero ¿podríamos llegar a considerarlos criaturas vivas en vez de meras imitaciones? Que nos perdone Charles Darwin, pero hay cierta grandeza en esta visión de la vida.

Además de tener intereses eclécticos, Davies es iconoclasta y de ideas fijas. Aunque es evidente que no cree en ninguna fuerza vital más allá de la física o la química, tiene poco tiempo para el reduccionismo, y no cree que sea posible explicar por completo la vida en términos de leyes generales (como la segunda ley de la termodinámica), ni siquiera en teoría.

En un último guiño a Schrödinger, que pensaba que una adecuada comprensión de la vida podría revelar «otras leyes de la física desconocidas hasta el momento», Davies concluye argumentando que la biología aún podría encerrar profundas lecciones para la física. Se trata de una conclusión muy especulativa y, en opinión de quien escribe —un biólogo—, probablemente falsa. Con todo, no es una crítica. Más bien al contrario: si hubiera más autores que se equivocasen de manera tan estimulante, tal vez nos resultaría más fácil descubrir la verdad.

—Timo Hannay

Fundador de SchoolDash, compañía de análisis de datos educativos

Artículo original publicado en *Nature*, vol. 565, págs. 427-428, 24 de enero de 2019. Traducido con el permiso de Macmillan Publishers Ltd. © 2019

Con la colaboración de **nature**

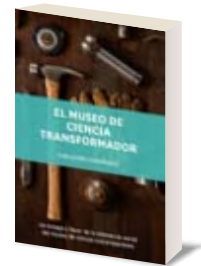
NOVEDADES

Una selección de los editores
de *Investigación y Ciencia*



DEMOSTRACIONES VISUALES EN MATEMÁTICAS VER PARA PENSAR

Ana Carvajal Sánchez
y José Luis Muñoz Casado
Catarata, 2019
ISBN: 978-84-9097-714-9
128 págs. (12 €)



EL MUSEO DE CIENCIA TRANSFORMADOR UN ENSAYO A FAVOR DE LA RELEVANCIA SOCIAL DEL MUSEO CONTEMPORÁNEO

Guillermo Fernández, 2019
ISBN: 978-84-09-07652-9
244 págs. (20,80 €)
Accesible gratuitamente en línea en
elmuseodecienciatransformador.org



YDEA ASTRONÓMICA DE LA FABRICA DEL MUNDO Y MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS CELESTIALES

Juan Cedillo Díaz. Edición de M. Á. Granada y Félix Gómez Crespo. Edicions de la Universitat de Barcelona, 2019
ISBN: 978-84-9168-164-9
484 págs. (30 €)