



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias.* 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

¿Qué nos dice actualmente la tabla periódica? Una mirada a su función didáctica desde la historia del pensamiento

Mercè Izquierdo Aymerich
Universitat Autònoma de Barcelona
merce.izquierdo@uab.cat

Carlos Agudelo Carvajal
Universitat de Barcelona
agudelocar@ub.edu

Línea temática: Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia y la Naturaleza de la Ciencia
Modalidad: Modalidad 2

Resumen

En esta investigación contrastamos los relatos que usan los libros de texto (LT) al introducir la tabla periódica (TP) con algunos constructos clave de la historia y prehistoria de la química. Usamos los instrumentos y resultados de un estudio anterior sobre la función de la TP en los LT. Argumentamos que en estos relatos subyace la diversidad ontológica y epistemológica de las complejas preguntas primigenias, construidas en la aventura intelectual de relacionar los fenómenos, cambiantes y heterogéneos, con la razón. Concluimos que aún hoy conceptos como elemento, átomo, periodicidad, etc., siguen siendo preguntas que debe vivir el alumnado para dar sentido a dichos conceptos y a la Tabla Periódica, sin confiar exclusivamente en las definiciones de libro planteadas de manera apodíctica.

Palabras clave

Tabla periódica, elemento químico, prehistoria de la química, átomo, explicación.

Objetivos

- Identificar algunas características ontológicas y epistemológicas de las entidades con las cuales se ha explicado el cambio químico a lo largo de la historia.
- Contrastar estas características con el significado que se atribuye al concepto de elemento en los LT.

Marco Teórico

Las explicaciones que se han dado a lo largo de la historia sobre el cambio químico, complejo y desconcertante por la radicalidad que supone la desaparición y aparición de sustancias, son muy diversas y reflejan la dificultad de dar razón de todos sus aspectos. Siempre ha sido difícil imaginar qué lo impulsa ya que no todas las sustancias reaccionan entre sí, ni lo hacen de la

misma manera. También es difícil imaginar qué es lo que se conserva (y lo que cambia, en consecuencia) y qué relación existe (si la hay) entre la composición de las sustancias y sus propiedades (Izquierdo-Aymerich, 2014).

Las propuestas docentes actuales priorizan las explicaciones que parten de la estructura atómica y que otorgan un tipo de átomo a cada elemento, escondiendo así, hasta cierto punto, la complejidad del cambio, reduciéndolo a una especie de “Meccano” que no puede responder a las preguntas genuinas que ha suscitado siempre (Izquierdo-Aymerich, 2014).

Hemos analizado la diversidad ontológica y epistemológica de los relatos habituales que introducen la TP (Agudelo & Izquierdo-Aymerich, 2019) y, de acuerdo con nuestra línea de investigación que busca relacionar la didáctica con la historia (Erduran & Kaya, 2019, Izquierdo-Aymerich, et al., 2016, Quintanilla et al., 2014), nos parece relevante buscar el origen histórico de diferentes entidades con las cuales se explica el cambio químico. Algunas de estas no requieren la existencia real del átomo que ahora se representa como partícula física con propiedades químicas. La principal dificultad es evitar posturas anacrónicas que suponen que los conocimientos actuales estaban ya incipientes en siglos anteriores.

Adherimos a Halbwachs (1977) al referir a tres tipos elementales de explicaciones científicas que han sido importantes en la historia y se han repetido periódicamente: heterogéneas, homogéneas y batígenas. Ninguna de ellas es completa ni anula a las otras, son propias de un contexto histórico y en otro momento pueden parecer tautológicas o poco comprensibles. Cada tipo de explicación moviliza entidades diferentes.

Las explicaciones heterogéneas, causales, consideran que el fenómeno en cuestión es debido a la acción de un cuerpo (agente) sobre otro (paciente); por ejemplo, la acción de un ácido sobre una base. Las homogéneas explican el fenómeno como consecuencia de la estructura del sistema, se centran en el ‘como’, y sus leyes dan razón del fenómeno; por ejemplo, la interacción entre el campo eléctrico y una partícula cargada. Las batígenas, combatidas por las posturas positivistas más radicales, suponen una estructura subyacente, reductora, cuya evolución, según reglas propias del nivel (micro), producen efectos en otro nivel (macro).

La tabla 1 muestra las diferentes entidades con las cuales se ha narrado el cambio y se ha descrito la constitución de los cuerpos. En ella, el cambio de los cuerpos está relacionado con su constitución, generando diversas explicaciones para dar razón de los fenómenos. En los LT actuales podemos encontrar reminiscencias de todas ellas, sin que se comente que corresponden a diferentes maneras de explicar.

Constitución de los cuerpos	Divisibilidad	Átomos
		Continua
	Naturaleza	Principios o elementos
		Materia prima
Cambio de los cuerpos	Substancial	Formas elementales
		Formas substanciales
	Reordenación	Mixtión
		Agregación
	Intercambio de principios activos	Flogisto
		Ácido Pingüe
Calor		

Tabla 1. Entidades para narrar el cambio

Según el modelo de Actividad Científica Escolar (Izquierdo-Aymerich, et al., 1999), es necesario que el alumno se formule preguntas adecuadas que le permitan interpretar los fenómenos químicos. Los materiales docentes han de permitirle diferenciar los niveles macro o micro de la explicación y darse cuenta del nivel de abstracción. Por ello es interesante el debate sobre el realismo en ciencias, para recuperar el sentido metafórico de las ideas más brillantes de la historia del pensamiento. Constatamos, por ejemplo, que la explicación batígena que predomina en los LT, y pretende deducir todo a partir del átomo, es muy reciente y tuvo un fundamento empírico limitado: fue una entidad matemática más que física.

Metodología

En estudios anteriores (Agudelo, 2017; Agudelo & Izquierdo-Aymerich, 2019) señalamos y clasificamos algunos constructos que suelen usarse para introducir la TP: *etiquetas* que se usan como sinónimo de elemento (sustancia simple, sustancia básica, tipo de núcleo, etc.), *atributos* para caracterizar los elementos (número atómico, sobrevive al cambio químico, carga nuclear, etc.) y *propiedades periódicas* (energía de ionización, reactividad, valencias, etc.). Estos constructos los ubicamos en un diagrama bidimensional (Figura 1) según su naturaleza ontológica y epistemológica, teniendo en cuenta si se refieren a átomos (si favorecen la explicación batígena) o al ‘mundo’ macroscópico (sin intervención de átomos), y si se refieren a ‘leyes’ con entidades abstractas (simbólicas) o a entidades empíricas con existencia física (explicación heterogénea/homogénea). La etiqueta sustancia simple (SS), por ejemplo, que alude a la definición operacional de Lavoisier, se refiere al ‘mundo’ macroscópico, pero la etiqueta tipo de núcleo (TN) se refiere a átomos. Ambas etiquetas significan entidades con existencia física, mientras que otras, como por ejemplo sustancia pura (SP), se refieren al ‘mundo’ macroscópico y significan entidades abstractas.

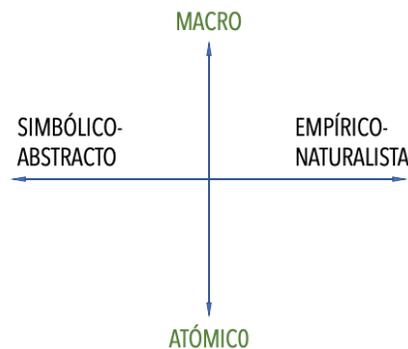


Figura 1. Esquema bidimensional de ejes ontológico y epistemológico

Para representar las tendencias de cada relato en los LT, en relación con la visión de elemento según el uso de dichos constructos (Agudelo, 2017; Agudelo & Izquierdo-Aymerich, 2019), usamos diagramas como el de la Figura 1 cuyos ejes son: ontológico (macro–atómico) y epistemológico (simbólico/abstracto–empírico/naturalista). Como se explica arriba, cada constructo se puede ubicar en un cuadrante (Figura 2). A la SS y la SP, explicadas arriba, les corresponden los cuadrantes superiores por ser macroscópicas, pero SS está a la derecha por ser empírica i SP a la izquierda por ser abstracta. También se muestran otros ejemplos en la Figura 2 como la etiqueta tipo de núcleo (TN), referida a átomos con existencia física, y el atributo número atómico (NAT) referido a átomos en sentido abstracto.

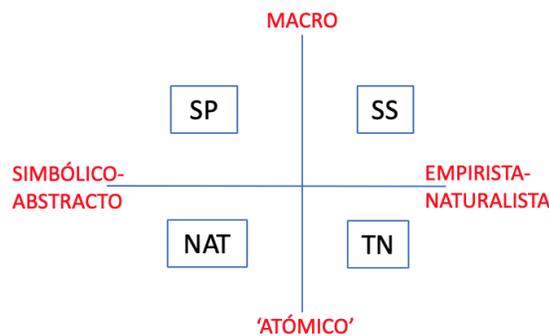


Figura 2. Representación de algunos constructos en el diagrama bidimensional

Así pues, cada relato usa más unos constructos u otros y, según si utiliza más de un cuadrante que de los otros, podemos interpretar una tendencia en la visión de elemento, que puede ser más abstracta o empirista, y más atómica o macroscópica.

A partir de esta interpretación que surge de un análisis didáctico (Agudelo, 2017; Agudelo & Izquierdo-Aymerich, 2019), nos preguntamos si las visiones de elemento que comunican los LT, de las cuales depende el significado de la TP, muestran relación con las explicaciones históricas del cambio químico y de la constitución de los cuerpos, y así poner en evidencia la aventura intelectual de la construcción y evolución de la TP y del concepto de elemento. Para responder esto, utilizamos los mismos esquemas bidimensionales señalando la naturaleza

ontológica i epistemológica de entidades como los 4 elementos tierra, agua, fuego y aire; los principios sal, mercurio y azufre; los mínimos naturales, el átomo cuántico, etc.

Resultados

Tal como habíamos reportado en otros trabajos (Agudelo, 2017; Agudelo & Izquierdo-Aymerich, 2019), en los LT no hay relatos “puros” en relación con la ontología y la epistemología de las entidades elementales. En un mismo relato se usan atributos, etiquetas y propiedades periódicas de los diferentes cuadrantes, pero habitualmente dan prioridad a las explicaciones batígenas, centradas en átomos, que reducen a estos las propiedades periódicas.

1. Al analizar, ahora, las ideas relacionadas con el concepto de elemento a lo largo de la historia, hemos encontrado esta misma variedad de características ontológicas y epistemológicas, que nos permiten ubicar las entidades en el mismo diagrama bidimensional. En la Figura 3 presentamos algunos ejemplos.
2. El diagrama que se utilizó para analizar el concepto de elemento en relación con la TP en los LT, nos ha resultado útil para asignar características epistemológicas y ontológicas a las entidades usadas a lo largo de la historia para explicar el cambio de los cuerpos.

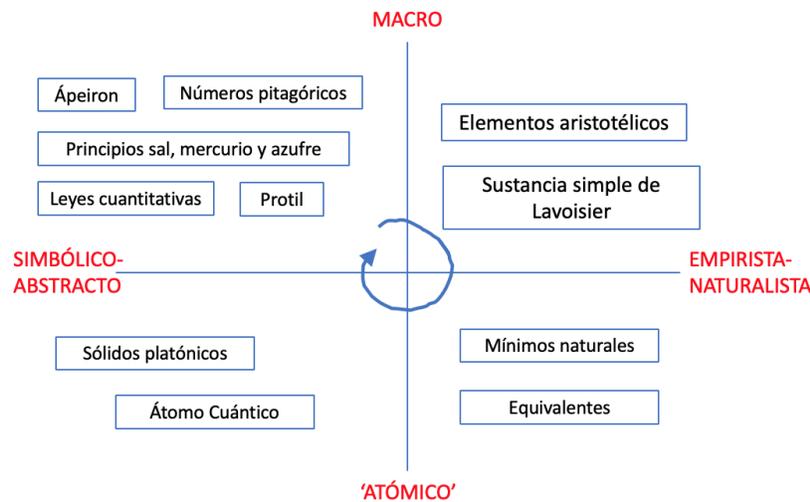


Figura 3. Representación de algunos conceptos históricos en el diagrama bidimensional

3. La Figura 3 nos proporciona una mirada de conjunto de las diversas explicaciones que se han elaborado a través de la historia sobre el cambio de los cuerpos. Vemos que se van repitiendo las preguntas, pero se responden con nuevas reglas de juego. Un ejemplo es considerar que, a partir de Newton, es la masa lo que se conserva en un cambio químico y con ello el elemento va asociado a una masa. Pero la explicación atómica que se formuló a lo largo del siglo XIX no supuso la necesidad de que existieran partículas materiales propias de cada elemento. Se mantuvo la ambigüedad y disputa entre los

defensores de un único tipo de materia con diversidad de estructuras (como el 'protíl', por ejemplo), o de una diversidad de materias indestructibles (elementos) con capacidad de actuar unas sobre otras, identificadas con átomos. Esta segunda opción es la que permitió la construcción de la TP y la enunciación de la Ley Periódica.

Conclusiones y recomendaciones

La investigación realizada nos permite diversas consideraciones didácticas.

Las explicaciones más habituales actualmente sobre el cambio químico son respuestas ya elaboradas, a través de siglos, a preguntas que siempre han apasionado a la humanidad e impulsado el conocimiento, y que los alumnos no pueden llegar a hacerse ellos solos.

El diagrama dimensional presentado ha resultado útil para caracterizar, con fines didácticos, algunas de las entidades que se han usado históricamente para explicar el cambio químico. Nos proporciona una visión global de los sistemas químicos que enriquece la que proporciona la TP y nos permite comparar las explicaciones históricas con las explicaciones actuales de los LT. Con ello, vemos que los aportes de la historia enriquecen la función didáctica de la TP, la vinculan con la aventura intelectual que ha significado relacionar el mundo de los fenómenos, cambiante e inestable, con el mundo 'racional', más estable y permanente; y también ayudan a comprender que esta relación que siempre ha sido parte de la estructura del conocimiento humano es uno de los pilares de la educación competencial. La historia del pensamiento ayuda a que los alumnos no rechacen las explicaciones antiguas porque las consideran desactualizadas.

Los profesores deben suscitar la sorpresa de los alumnos frente a los cambios, proporcionando situaciones de actividad química genuina, más que respuestas precipitadas queriendo cerrar un debate que ha durado siglos de estudio y que aún no está acabado

Bibliografía

Agudelo-Carvajal, C. (2017). La función de la tabla periódica en la enseñanza de la química: ¿un sistema de elementos o una clasificación de átomos? Propuesta de una herramienta para el análisis. En Quinatilla, M. (comp.): *La historia de la ciencia en la investigación didáctica. Aporte a la formación y el desarrollo profesional del profesorado de ciencias*. Santiago de Chile: Ed. Bellaterra Ltda.

Agudelo-Carvajal, C. & Izquierdo-Aimerich, M. (2019). La taula periòdica en l'ensenyament de la química, una invitació a pensar sobre els materials. *Educació Química EduQ*, (25), 41 – 47. doi 10.2436/20.2003.02.189 <http://scq.iec.cat/scq/index.html>

Erduran, S., & Kaya, E. (2019). Philosophy of Chemistry and Chemistry Education. En Erduran, S., & Kaya, A., *Transforming Teacher Education Through the Epistemic Core of Chemistry*. Cham: Springer, 1 – 24



Revista *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Año 2021; Número **Extraordinario. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.**

Halbwachs, F. (1977). Historia de la explicación en física. En Piaget, J. *La explicación en las ciencias*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, S. A., 74 – 101

Izquierdo-Aymerich, M. (2014). Pasado y presente de la química: su función diáctica. En Merino-Rubilar, C., Arellano-Johnson, M. & Adúriz-Bravo, A., *Avances en didáctica de la química: Modelos y lenguajes*. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 13 – 36

Izquierdo-Aymerich, M., Sanmartí-Puig, N. y Espinet-Blanch, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.

Izquierdo-Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla-Gatica, M., & Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Quintanilla-Gatica, M., Daza-Rosales, S., & Cabrera-Castillo, H. (Comp.)(2014). *Historia y Filosofía de la Ciencia: Aportes para una “nueva aula de ciencias”, promotora de ciudadanía y valores. a formación del profesorado de ciencias*. Santiago de Chile: Ed. Bellaterra.