

Las prácticas químicas: síntesis, análisis, modelado

Cuando pienso en Química, lo primero que se me viene a la mente son los procesos de transformación, reacciones que a veces pueden ser vistosas por cambios de color o aumento súbito de temperatura, o que a veces pueden pasar desapercibidas, y entonces es más que evidente la necesidad de encontrar un método analítico adecuado para corroborar que dicha transformación haya sucedido. Pienso en sustancias con propiedades y formas de representación características, que se clasifican y guardan sistemáticamente en bases de datos para que podamos identificarlas. Pienso en toda la investigación necesaria para modelar las posibles rutas sintéticas, los caminos energéticos, estructurales y cinéticos que hacen de la meta de transformación específica, una diana que depende de métodos y equipos. La síntesis, el análisis y el modelado son prácticas químicas que son interdependientes. “La síntesis química actual aspira a explicar sus resultados; es decir, no se trata únicamente de obtener determinado producto sino dar razones por las cuales se obtuvo. Si un experimento de síntesis falla lo usual es buscar en las condiciones del experimento las causas del inesperado resultado. En la síntesis el químico modela lo que sucederá con los reactivos para obtener el producto. Si un modelo falla en explicar el resultado experimental, se construye otro modelo. Sin una explicación generalmente basada en la estructura molecular el experimento de síntesis es una receta de cocina que sólo es exitosa a nivel fenomenológico... La síntesis y el análisis son dos actividades construidas con y sobre modelos” (Chamizo, 2009, p. 10, 11).

De acuerdo con Garritz y Sosa (2016, p.12), “La química es el estudio integrado de la preparación, propiedades, estructura y reacciones de las sustancias”. Sin embargo, la tradición reduccionista de enseñanza de las ciencias nos ha hecho creer que para poder entender y practicar la química es necesario y suficiente describir, explicar y teorizar el mundo material, a partir, por supuesto, de sus unidades básicas. La realidad química es mucho más compleja, tal que llega al punto de la emergencia. Surgen propiedades que no existían en esa unidad simple -el átomo por ejemplo-, ni pueden ser explicadas a partir de la suma de n átomos. Los procesos químicos también son emergentes. Al hacer reaccionar dos sustancias que presentan colores característicos por ejemplo, no es de esperarse que el producto tenga un color que sea resultado de la combinación de los reactivos -azul y amarillo no darán necesariamente verde. El producto se gobierna solo, y tiene propiedades propias que lo caracterizan. Esto es muy problemático para la mente intuitiva, y por supuesto, si no abordamos intencionadamente la emergencia como un concepto central en química (Luisis, 2002), lo más probable es que produzcamos químicos intuitivos (Talanquer, 2006) con concepciones alternativas inherentes a las dificultades conceptuales de la no adición del sistema.

De algo nos salvan los modelos y el análisis, aunque tengamos que ir de uno por uno caracterizando y explicando por qué un átomo de oro no conduce, pero un conjunto de átomos de oro en arreglo cristalino metálico si lo hace; o por qué cuando hacemos reaccionar sulfato de cobre acuoso (azul), con cinc metálico (gris metálico), los productos son de color distinto, el cobre metálico es cobrizo, y el sulfato de cinc acuoso es incoloro.

Para sustituir este enfoque discontinuo y atomizado de ideas para enseñar química en el que nos encontramos inmersos desde la tradición del positivismo lógico, quizás sería más conveniente tomar la perspectiva alternativa que ofrece Talanquer (2016, p.4): “se

pueden identificar un conjunto de prácticas en las que participan la mayoría de los químicos, así como un conjunto de preguntas esenciales que buscan responder. La mayoría de los químicos se dedican a analizar, transformar y sintetizar diversos tipos de materia. En su trabajo, preguntan: ¿De qué está hecho este material? (la cuestión de la identidad); ¿Cómo se relacionan las propiedades de un material con su composición y estructura? (la cuestión de las relaciones estructura-propiedad); ¿Por qué un material sufre cambios? (la cuestión de la causalidad); ¿Cómo ocurren esos cambios? (la cuestión del mecanismo); ¿Cómo se pueden controlar esos cambios? (la cuestión del control); y ¿Cuáles son las consecuencias de tales cambios? (la cuestión de Beneficios-Costos-Riesgos)”

Entonces las prácticas de la Química, así como su divulgación y su enseñanza, se pueden responder con preguntas del estilo: ¿Cómo lo hago? ¿Cómo lo analizo/identifico? ¿Cómo lo explico? ¿Cómo lo comunico? ¿Cómo lo enseño?

En este número ustedes encontrarán algunas respuestas educativas muy interesantes a estas preguntas fundamentales de la Química. El ¿cómo lo hago? es importantísimo puesto que los químicos sintetizan sustancias nuevas todos los días. El *Chemical Abstracts* va registrando las sustancias nuevas orgánicas e inorgánicas, que también incluye aleaciones, compuestos de coordinación, minerales, mezclas, polímeros y sales, y que para el 6 de enero del 2022 ya ronda los 160 millones (los 80 millones que preveía Chamizo en 2009 para el año 2025 ¡están duplicados para la realidad del 2022!); 68 millones de secuencias de proteínas y de ácidos nucleicos; y un aproximado de 123 millones de reacciones. Este registro también cuenta con datos experimentales y de propiedades y espectros, y se actualiza todos los días.

El premio Nobel de Química 2021 nos ofrece un ejemplo de que el estudio de la química es fundamentalmente el de sintetizar sustancias nuevas y el de controlar procesos, lo que responde a la pregunta ¿Cómo lo hago? En particular en química orgánica para la producción de fármacos quirales con uso para tratamientos virales, como la COVID, las síntesis son muy caras e insostenibles dada su baja eficiencia y a que utilizan muchos recursos, como agua. Entonces, la pregunta original se transforma en ¿Cómo lo hago mejor, más eficiente y más sostenible? Esta pregunta ya invoca a la identidad, la relación estructura-propiedad, al mecanismo, la causalidad, el control y los beneficios-costos-riesgos. La respuesta está en la organocatálisis asimétrica, que de acuerdo a Hernández, es una caja de herramientas para construir moléculas. Para poder sintetizar una molécula tan específica como un fármaco quiral, se necesita de todo nuestro arsenal de modelos, de métodos de análisis, y del más ingenioso y eficiente procedimiento sintético, merecedor del Premio Nobel.

El Protein Data Bank (PDB) es un repositorio de datos cristalográficos, a partir de experimentos de difracción de rayos-X, establecido para macromoléculas de interés biológico. Este banco, de acceso abierto, tiene miles de estructuras 3D de macromoléculas biológicas, como la de mioglobina -que fue la primera proteína visualizada en 3D a través de la cristalografía de rayos-X-, o virus -como el SARS-CoV-2. El ¿Cómo lo identifico? trasciende el umbral de la química a la biología estructural con el PDB, dando también un ejemplo de la Química como ciencia central. Además, el PDB tiene un portal educativo (PDB-101), y Sánchez-Lara nos ofrece “una mirada a su historia, y un recorrido por algunas herramientas educativas que el archivo pone a disposición de estudiantes, investigadores, profesores y público no especializado”. Ustedes podrán disfrutar de recursos como origami, mandalas y ejercicios lúdicos de moléculas de virus tan desafiantes como la del SARS-CoV-2, del Zika, o del VIH.

El ¿cómo lo explico?, es una pregunta que responde nuestras inquietudes acerca de lo que ocurre, con qué mirada teórica estamos dirigiendo la observación, de cómo podemos modelar, es decir, cómo podemos representar o mostrar ideas y relaciones matemáticas mediante objetos, ilustraciones, gráficas, ecuaciones u otros métodos (Justi, 2006), y finalmente, cuál modelo nos sirve para explicar. Por ejemplo, si queremos comprender la solubilidad de las macromoléculas, el tamaño micelar, su viscosidad, la actividad enzimática, o la precipitación selectiva de proteínas, el intercambio iónico en suelos, el crecimiento vegetal, o el comportamiento de un tensioactivo aniónico frente a distintos cationes, debemos introducirnos al estudio de los polielectrolitos. Las interacciones en disoluciones de macromoléculas y sales inorgánicas son fenómenos que pueden modelarse, como lo señala Fernández-d'Arlas Bidegain, a partir de la idea de “las series liotrópicas o de Hofmeister, que ordenan los iones en función de su capacidad para coagular o disolver una proteína u otras macromoléculas. La fenomenología se explica en función del modelo de Afinidades al Agua Equivalentes, introducido por Fajans para sales simples”.

En este número también encontrarán explicaciones que responden las preguntas de ¿Cómo lo comunico? y ¿cómo lo enseño?, entre otras: cómo representan los estudiantes las disoluciones en el contexto de las bebidas gaseosas, y qué podemos hacer para enseñar mejor este concepto; cómo corregir las interpretaciones erróneas inducidas, por ejemplo, cuando se aborda con los estudiantes el diagramas de fase del azufre; cómo introducir una guía para facilitar la elección de alto o bajo espín usando la Teoría del Campo de los Ligantes; un modelo de la formación de pares moleculares en el proceso de mezclado y desmezclado; cómo se diseñó un libro de texto de Análisis Instrumental de los Alimentos; qué ventajas tiene el método de proyectos sobre la metodología tradicional de enseñanza en el aprendizaje de química industrial; o cuáles son las explicaciones científicas de profesores de ciencias y cuál podrá ser su impacto en la formación de estudiantes.

Empezamos el 2022 con muchos trabajos en cola, eso nos habla de cómo va creciendo la revista. Agradecemos profundamente a los autores su interés por publicar, y a los lectores por leerlos. Tenemos el proyecto de publicar un apartado especial, y si las contribuciones son suficientes, un número especial al año. Ya irán conociendo de este proyecto.

También, ya pueden seguirnos en redes sociales, en Twitter (@educquim), Facebook (<https://www.facebook.com/EducQuim>) y YouTube (https://www.youtube.com/channel/UC4-MjiVZY5oGvzNyqZG0v_g)

¡Esperamos que este año les abrace con salud!

Aurora Ramos Mejía

Referencias

- Chamizo.J.A. (2009) Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos. *Educación Química*. De aniversario. 6-11.
- Chemical Abstracts Service, (2022). Tomado el 6 de enero del 2022 de: <https://www.cas.org/es/about/cas-content>

- Garritz, A, y Sosa, P. (2016) Química, sustancia y reacción química, en Bello, S. (Coord.) . Didáctica de la química universitaria. Unidades didácticas en temas torales de Química. UNAM.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos, *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Luisi, P. L. (2002) Emergence in chemistry: Chemistry as the embodiment of emergence. *Foundations of Chemistry*. 4, 183-200.
- Talanquer, V. (2006). Propiedades emergentes: un reto para el químico intuitivo. *Educación Química*. IV Jornadas Internacionales. 315-320.
- Talanquer, V. (2016). Central Ideas in Chemistry: an alternative perspective. *J.Chem.Ed*, 93(1): 3-8. DOI: [10.1021/acs.jchemed.5b00434](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00434)

CÓMO CITAR: Ramos Mejía, Aurora. (2022, enero-marzo). Las prácticas químicas: síntesis, análisis, modelado. *Educación Química*, 33(1). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.1.81562>.