

UNA PROPUESTA DE APRENDIZAJE DE “LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA” DESDE LA PERSPECTIVA CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y AMBIENTE (CTSA)

A proposed to study “the structure of matter” based on the perspective of Science-Technology-Society-Environment (STSE)

Recibido: 15 de agosto de 2013 • Aprobado: 14 de abril de 2014

Yair Alexander Porras Contreras*

Resumen

El presente artículo es una reflexión documentada acerca del aprendizaje de la “estructura de la materia”, a partir del enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA). Para tal fin, se señala la necesidad de acercar a los estudiantes a la construcción de modelos explicativos, mediante la comprensión de los tres niveles de representación que se utilizan cuando se explican las propiedades de la materia: macroscópico, submicroscópico (nanoscópico) y simbólico. De igual manera, se plantea el tratamiento didáctico de situaciones sociocientíficas, tomando como punto de referencia el establecimiento de puentes explicativos, desde el nivel macroscópico hasta el atómico-molecular, y con la ayuda de preguntas estructurantes.

Palabras clave: *estructura de la materia, cuestiones sociocientíficas, aprendizaje.*

Abstract

This paper presents a documented reflection about the learning of the “structure of the matter”, with a focus in relationships between science, technology, society and environment (STSE). For that, we distinguish the need to bring students to the construction of explanatory models, from comprehension of three levels of representation: macroscopic; submicroscopic (nanoscopic) and symbolic. In the same way, we take as reference point, the didactic treatment

* Profesor del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: yairporras@yahoo.es

of social scientific issues, in order to establish an explanatory process from the macroscopic level up to the atomic-molecular, around of structuring questions.

Keywords: *structure of matter, social scientific issues, learning.*

Introducción

El Proyecto Internacional de Enseñanza y Aprendizaje de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (EANCYT), como su nombre lo indica, se enfoca en mejorar la comprensión sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) de estudiantes y profesores de siete países (Callejas, Mendoza y Porras, 2012). Dicho proyecto señala como causas frecuentes de las visiones distorsionadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología, junto con el creciente desinterés de los estudiantes en su estudio (Elías, 2008), a la presentación de conocimientos ya elaborados y al desconocimiento o refuerzo de ideas alternativas por parte de la enseñanza tradicional. Parte de estas representaciones, propugnan visiones descontextualizadas, elitistas, individualistas, inductivas, rígidas, algorítmicas, aproblemáticas, lineales, ahistóricas, y analíticas de la actividad científica y tecnológica (Gil, *et al*, 2005; Ruiz, Martínez y Parga, 2009; Martínez y Parga, 2013), con lo cual se impide que los estudiantes evalúen las implicaciones del conocimiento en la interpretación y la transformación de la realidad, requisito fundamental para desarrollar una actitud comprometida en el aula de clase, alejada de actitudes apáticas y generalizaciones acríicas.

En tal sentido, una propuesta de investigación que pretende reconocer la formación

científica y tecnológica como un campo de estudio enfocado a la formación ciudadana, parte de una tesis democrática, en la que se espera que la mayoría de la población disponga de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, resolviendo los problemas que aquejan tanto al mismo conocimiento científico como a los grupos humanos, incentivando la toma de decisiones en el aula de clase con fundamento. Así, formar científica y tecnológicamente es un tema generador tan importante como “la estructura de la materia”, en cuyo caso implica incentivar la curiosidad e interés del estudiante por acercarse –desde un punto de vista sociocultural– a temáticas formuladas desde la ciencia y la tecnología.

Lo anterior conlleva “diseñar un currículum que ayude a los estudiantes a usar las teorías, los modelos y las formas de experimentar en química para poder predecir y explicar las propiedades y el comportamiento de algunos sistemas que se consideren relevantes” (Martínez *et al*, 2012, p. 361); para lo cual, según los autores, se debe ir más allá de la descripción de lo que sabemos, con el fin de modelar lo que pensamos. Además, es necesario clarificar el concepto de modelo, por ejemplo, para Gallego (2004) los modelos son “analogías de los sistemas reales; analogías que no tienen por qué ser necesariamente un simple conjunto de afirmaciones”, con lo cual se reconocen dos tipos de modelos: los mentales

que son de utilidad para la persona que los construye, de ahí que sean personales, idiosincráticos, incompletos e inestables (Greca y Moreira, 1998); y los materiales, que se construyen para comunicarse con otros individuos y tienen una carga empírica, es decir, pueden ser simbólicos (lenguaje científico y formalismo matemático), experimentales (tecnofactos, sistemas) e icónicos.

Para el caso particular de la estructura de la materia, los modelos materiales se evidencian a partir de los tres niveles de representación que se utilizan cuando se explican las propiedades de la materia: macroscópico, submicroscópico (nanoscópico) y simbólico (Johnstone, 1991; Talanquer, 2011; Martínez, *et al*, 2012). Asimismo, para diversos autores (Marson y Torres, 2011; Porras, 2006; Talanquer, 2009), gran parte de las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de la Química radica en la incapacidad de establecer relaciones significativas entre las diferentes escalas y dimensiones de los modelos químicos. Por ejemplo, el nivel macroscópico, que incluye la experiencia cotidiana de las personas, es descrito por los científicos mediante representaciones del nivel simbólico que pueden ser pictóricas, matemáticas, físicas y computacionales; a través de ecuaciones químicas, gráficas, mecanismos de reacción y analogías. El nivel submicroscópico (nanoscópico), basado en la teoría atómico-molecular, es utilizado por los químicos para explicar comportamientos de partículas tales como electrones, moléculas y átomos; en cuyo caso también se basan en el nivel simbólico, el cual permite describir las interacciones que a la postre repercuten en fenómenos macroscópicos.

Una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre la estructura de la materia

Desde sus inicios, el movimiento CTSA surgió como una propuesta holística que intentaba reivindicar el papel ciudadano en la toma de decisiones. Este enfoque formativo promovía la movilización de aquellas representaciones que defienden una aparente racionalidad institucionalizada con la que se vinculan estos conocimientos al *statu quo* vigente (Aikenhead, 2005). En este sentido, Benassar *et al* (2010) sostienen que dentro de los objetivos de la alfabetización científica y tecnológica, con los cuales se pretende contribuir al compromiso social y humanista del enfoque CTSA, está el de orientar los currículos para dinamizar aquellos objetivos y contenidos articulados a contextos de significación, en los cuales los estudiantes, actuando como ciudadanos, comprendan la naturaleza de la ciencia y la tecnología, con el propósito de discutir las implicaciones y las aplicaciones de los conocimientos construidos en comunidad, en contextos de experiencia y participación personal y social de los ciudadanos.

Martínez y Rojas (2006) señalan la importancia del enfoque CTSA en la formación ciudadana, a partir del análisis crítico de la producción científica y tecnológica, el estudio de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, sus implicaciones socio-ambientales y su interacción con las actitudes, intereses y valores que se construyen en comunidad; lo que integraría aspectos propios del desarrollo humano en la formación científica y tecnológica de los ciudadanos. Con miras

a una comprensión adecuada de los conceptos químicos, parece pertinente encaminarnos hacia un análisis de las interacciones entre los componentes de los sistemas termodinámicos y sus repercusiones. Dichos componentes que hacen parte de los gases, los líquidos, los sólidos y el estado plasma (sin olvidar el estado Einstein-Bose) los conocemos con el nombre de partículas, y ejemplos de estas son las moléculas, los átomos, los iones, los nucleones, los electrones, los hadrones, los quarks, etc.

Aquí se entiende por partículas como aquellas unidades reconocibles que componen un sistema en cualquier momento, cada una de las cuales tiene una estructura interna; situación que nos permite identificarlas desde una visión compleja, es decir, como mucho más que simples puntos geométricos. Las partículas pueden constituir por ellas mismas sistemas, ser estables o cambiar con el tiempo, como resultado de procesos que ocurren en el sistema, (por ejemplo reacciones químicas o nucleares) o bien por su estructura interna (decaimiento radioactivo).

Para entender la dinámica de un sistema de partículas es necesario introducir el concepto de energía cinética interna del sistema, definida como la sumatoria de las energías cinéticas de las partículas. Otro tipo de energía, derivada de las fuerzas internas que realizan trabajo sobre las partículas, como una consecuencia de su movimiento relativo, se denomina energía de interacción interna, y se define como la sumatoria de las energías de interacción entre pares de partículas. Un tercer tipo de energía, asociada con la estructura interna de las partículas, es la energía intrínseca de las partículas, la cual puede ser modificada como resultado de colisiones

inelásticas y otras interacciones entre las partículas, o bien por agentes externos.

Estas ideas permiten trascender la mirada reduccionista con la cual se diseñan actividades de aprendizaje desde la perspectiva tradicional, sobredimensionando un exclusivo cambio conceptual asociado a un cambio del contenido de las concepciones, recalándose una vez más los conocimientos declarativos en contra del aprendizaje significativo.

La química en contexto: la estructura de la materia

Dada la complejidad de la estructura de la materia, es conveniente seguir las ideas de Gil *et al* (2005), quienes proponen la movilización de las representaciones de la NdCyT, a partir del tratamiento de problemas científicos, tecnológicos y socioambientales orientados por el modelo de investigación en la escuela. Consecuentemente, Corchuelo y Catebiel (2005) consideran prioritaria una transformación de la dinámica curricular hacia la resolución de problemas socialmente relevantes, para lo cual es indispensable el consenso y la negociación, reconociendo que en el conflicto se construyen referentes conceptuales y empíricos que permiten la elaboración de puentes argumentativos, aspecto clave para la comprensión de conceptos científicos y tecnológicos que permitan asumir con responsabilidad la participación de los estudiantes.

Desde esta perspectiva, se ha demostrado en diferentes estudios (Grace y Ratcliffe, 2002; Albe, 2008; Barrue y Albe, 2013) que los ciudadanos, lejos de utilizar los conocimientos

científicos en el estudio de cuestiones socio-científicas (Beltrán, 2010; Torres y Martínez, 2011; Casallas y Martínez, 2013), basan sus argumentos en juicios de valor, por lo que la toma de decisiones es un aspecto pendiente en la formación de ciudadanos responsables. Consecuentemente, compartimos los planteamientos de González-Gaudio y Meira (2009) cuando cuestionan el tratamiento cientificista de las problemáticas sociocientíficas en la escuela. Para estos autores, el hecho de atiborrar los programas educativos con temáticas físico-químicas y ecológicas, de las cuales existe una gran cantidad de información, promueve el distanciamiento de las personas hacia la realidad ambiental, considerándose tan compleja que solo los científicos pueden tener la experticia suficiente para entenderla.

Consideraciones finales

Lo que se pretende en una secuencia de aprendizaje relacionada con la estructura de la materia es contribuir a que los estudiantes conozcan y diferencien los tres niveles de representación que se utilizan cuando se explican las propiedades de la materia: macroscópico, submicroscópico (nanoscópico) y simbólico. Adicionalmente, se propone mejorar la comprensión de la NdCyT y el desarrollo de actitudes científicas hacia la ciencia y su aprendizaje, mediante tratamiento de cuestiones sociocientíficas y el desarrollo didáctico de algunos ítems del “Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad (COCTS)”, el cual se utiliza para evaluar la eficacia del aprendizaje de las unidades elaboradas mediante un diseño pretest y postest.

Esta propuesta sigue los principios del aprendizaje de las ciencias como investigación

orientada (Gil, 1993, 1999), los cuales se resumen a continuación:

1. Se plantean situaciones problemáticas por parte del docente y los estudiantes que motiven el proceso de aprendizaje y que proporcionen una idea general de la investigación.
2. Se propone un estudio cualitativo de las situaciones problemáticas y la toma de decisiones, utilizando búsquedas bibliográficas y experiencias cotidianas, con el fin de que los estudiantes delimiten el problema y expliciten sus ideas.
3. Los problemas se trabajan siguiendo una orientación científica con el objeto de que se emitan hipótesis (explicitándose las ideas previas), se elaboren estrategias de resolución y se cotejen los resultados con los de otros grupos, espacio propicio para el diálogo entre pares y la construcción colectiva.
4. Los nuevos conocimientos se aplican a nuevas situaciones para profundizar y afianzarlos, haciéndose énfasis en las relaciones CTSA, con una retroalimentación del proceso. En todo el proceso es prioritario favorecer las actividades de síntesis, la elaboración de productos como mapas conceptuales, memorias, etc., y la concepción de nuevos problemas.

La siguiente es la propuesta didáctica para el aprendizaje de la estructura de la materia en estudiantes de grado once. Se fundamenta en las ideas de Martínez, et al (2012), Bennett y Lubben (2006), Porras (2006), Gabel (1999), desde la perspectiva CTSA:

Cuestión sociocientífica	Pregunta estructurante	Ideas químicas
¿Qué variables tendría en cuenta un científico para buscar vida en otros planetas? ¿En vez de carbono, pueden existir seres vivos de silicio?	¿Cómo exploramos y modelamos la estructura de los átomos?	Analizando interacciones energía-materia (radiación electromagnética, fundamentos de espectroscopia, espectros atómicos). Generando modelos (modelos de cuantización energética). Identificando patrones (propiedades periódicas).
¿Qué estudios moleculares se realizan en los análisis de la química forense?	¿Cómo determinamos la estructura molecular de una sustancia?	Analizando interacciones luz-materia (espectroscopia). Identificando patrones (patrones de enlace Valencia). Generando modelos (diversos modelos de enlace y geometría molecular).
¿Cómo ocurre la destrucción de la capa de ozono en la atmósfera superior y el efecto invernadero en la atmósfera baja? ¿Por qué las nubes se consideran una manifestación de los procesos termodinámicos de la atmósfera?	¿Cómo predecimos y explicamos las propiedades físicas de las sustancias?	Analizando distribución de carga (electronegatividad, polaridad). Modelando interacciones (interacciones intermoleculares e interacciones luz-materia). Reconociendo escalas (propiedades emergentes).

Referencias

- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124.
- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussion on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38, 67-90.
- Alonso, M. y Finn, E. (1995). An integrated approach to thermodynamics in the introductory physics course. *Physics Teacher*, 33.
- Alonso, M. & Finn, E. (1997). On the notion of internal energy. En *Physics Education*, 32(4), 256-264.
- Barrue, C. & Albe, V. (2013). Citizenship Education and Socioscientific Issues: Implicit Concept of Citizenship in the Curriculum, Views of French Middle School Teachers. *Science & Education*, 22, 1089-1114.
- Beltrán, M. J. (2010). Una cuestión socio-científica motivante para trabajar pensamiento crítico. *Zona próxima*, 12, 144-157.
- Bennassar, A.; Vázquez, A.; Manassero, M. & García-Carmona, A. (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid, España: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI.
- Bennett, J. & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015.

- Callejas, M.M., Mendoza, E. & Porras, Y. (2012). Unidades Didácticas para aprender sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología en educación básica (Proyecto EANCYT). Anais do II Seminário Hispano Brasileiro – CTS. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 3(3), 116-128.
- Casallas, E y Martínez L. (2013). La seguridad alimentaria: una cuestión controvertida en la escuela. *Biografías*, 6(10), 59-67.
- Corchuelo, M. y Catebiel, V. (2005). Orientaciones curriculares con el enfoque CTS para la educación media. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 18, 121-131.
- Elías, C. (2008). *La razón estrangulada*. Colección Debate. Random House Mondadori: Barcelona.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Gallego, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 301-319.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza / aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Gil, D. (1999). *El modelo constructivista de enseñanza / aprendizaje de las ciencias: una corriente innovadora fundamentada en la investigación*. Organización de Estados Iberoamericanos. Recuperado de www.oei.org.co/oeivirt/gilo2.htm.
- González Gaudiano, E. y Meira Cartea, P. (2009). Educación, comunicación y cambio climático. *Trayectorias*, 11(29), 6-38.
- Grace, M. y Ratcliffe, M (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education*, 24, 1157-1169.
- Greca, I. y Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(2), 107-120.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83
- Marson, G. A. & Torres, B. B. (2011). Fostering multi-representational levels of chemical concepts: a framework to develop educational software. *Journal of Chemical Education*, 88(12), 1616-1622.
- Martínez, L. y Rojas, A. (2006). Estrategia didáctica con enfoque ciencia, tecnología sociedad y ambiente, para la enseñanza de tópicos de bioquímica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 19, 44-62.
- Martínez, L. y Parga, D. (2013). La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Gondola*, 8(1), 22-33.
- Martínez, A.; Valdés, J.; Talanquer, V. y Chamizo, J. A. (2012). Estructura de la materia: de saberes y pensares. *Educación Química*, 23(3), 361-369.

- Porras, Y. (2006). El análisis histórico, epistemológico y didáctico como una concreción del modelo de aprendizaje de la termodinámica por investigación. En *Tecné, Episteme y Didaxis*, 20, 17-41.
- Ruiz, D.; Martínez, L. y Parga, D. (2009). Creencias de los profesores de preescolar y primaria sobre ciencia, tecnología y sociedad, en el contexto de una institución rural. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 25, 41-61.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic? The many faces of the chemistry triplet. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Talanquer, V. (2010). Construyendo puentes conceptuales entre las varias escalas y dimensiones de los modelos químicos. *Educación Química*, 5, 11-17.
- Torres, N. y Martínez, L. (2011). Desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de fisioterapia, a partir del estudio de las implicaciones sociocientíficas de los xenobióticos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 29, 65-84.