

UNA EXPERIENCIA DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN: TRANSFORMANDO LAS TEORÍAS IMPLÍCITAS EN TEORÍAS CIENTÍFICAS EN SECUNDARIA

Millán Fernández, Adolfo¹ Aguilar García, José Manuel²

RESUMEN

Las dificultades que presenta el alumnado de secundaria en la materia de química han sido objeto de numerosas investigaciones. Una de las líneas de estas investigaciones hace referencia a las teorías implícitas que el alumnado genera al interactuar con el entorno y cómo entra en conflicto con las teorías científicas. Mientras que las teorías implícitas, tienen una causalidad lineal simple para explicar los acontecimientos, las teorías científicas requieren interrelaciones complejas. Algunos autores han sugerido que la discontinuidad de la materia y la estructura atómica deben ser percibidas por los alumnos como un modelo explicativo de los fenómenos observados, familiarizándose así con los dos ámbitos (fenomenológico y teórico) en los cuales trabajan los científicos y sus interacciones para asimilar la noción de modelo (Soussan, 2003). En esta investigación se pregunta por qué estas teorías implícitas no desaparecen cuando el alumnado las confronta con las teorías científicas y de qué modo habría que abordar el proceso de aprendizaje para superar este problema. A lo largo de tres cursos escolares se ha seguido una metodología de investigación-acción sobre la unidad didáctica de la estructura atómica de la materia comprendiendo las diferentes teorías implícitas del alumnado y confrontándolas con las teorías filosóficas y modelos científicos más relevantes sobre la constitución de la materia. En el diseño de la secuencia se ha tomado como referente la pedagogía de la comprensión a partir de la investigación guiada, la cual se fundamenta a partir de las predisposiciones del pensamiento a ser curioso, cuestionar, razonar detenidamente y organizar el propio pensamiento. Al final del proceso se ha podido comprobar cómo una práctica basada en la comprensión mejora sensiblemente la asimilación de las teorías científicas.

Palabras claves: Teorías implícitas, aprendizaje de la Química, Enseñanza basada en la investigación, Pedagogía de la comprensión.

AN ACTION-RESEARCH EXPERIENCE: TRANSFORMING IMPLICIT THEORIES INTO SCIENTIFIC THEORIES IN SECONDARY SCHOOL

ABSTRACT

Difficulties in learning in the subject of chemistry at secondary school have been the target of numerous investigations. In this scenario, one of the lines of research refers to the implicit theories that students develop when interacting with the environment and how it conflicts with scientific theories. While implicit theories have simple linear causality to explain events, scientific theories require more complex interrelationships. Some authors have suggested that the discontinuity of matter and the atomic structure should be perceived by students as an explanatory model of the observed phenomena, thus becoming familiar with the two fields (phenomenological and theoretical) and their interactions in which scientists work in order to assimilate the notion of model. This research investigates why these implicit theories remains when students confront them with scientific theories and how the learning process should be approached to overcome this problem. Throughout three school years, an action-research methodology has been followed on the didactic unit of the atomic structure of matter, understanding the different implicit theories developed by students and confronting them with the most relevant philosophical and scientific theories on the constitution of the matter. In the design of the sequence, the pedagogy of compression based on guided research has been taken as a reference, which is based on the predispositions of thought to be curious, question, reason carefully and organize one's own thinking. At the end of the process, it has been possible to verify how a practice based on compression significantly improves the assimilation of scientific theories.

Keywords: Implicit theories, Chemistry learning, Inquiry-based teaching, pedagogy of understanding.

¹ Universidad Internacional de La Rioja (España). E-mail: adolfo.millan@unir.net

² Universidad de Sevilla (España). E-mail: jmaguilar@us.es

1. Introducción

Los seres humanos generan teorías implícitas en todos los ámbitos de la vida. Muestra de ello, son los diferentes estudios que hay al respecto, y que abarcan desde las teorías de los profesores respecto a los medios de enseñanza (Jiménez y Cabrera, 1999) hasta el ámbito de la organización y la eficacia empresarial (Rico et al. 2004), pasando por la concepción de la medicina popular (Comelles y Hernáez, 1994).

Las teorías implícitas están fundamentadas, de una parte, en el desarrollo cognitivo y, de otra, en un componente social propio de la cultura de cada civilización, entrando también en esta idea los aprendizajes adquiridos por la tradición familiar y escolar. Pozo et al. (1992), a partir del estudio de las teorías implícitas de los alumnos, encuentra algunos elementos comunes en muchas de ellas que las diferencian de las teorías científicas, por lo que para poder superar estas teorías implícitas deberán superarse barreras como la causalidad lineal, las relaciones cualitativas de los hechos que son muy evidentes. Un ejemplo en el campo de la meteorología sería el hecho de asociar el mes de agosto a calor; relación que, generalmente, no cuantificamos. Un último obstáculo es que el alumnado pone mayor atención en la transformación y el cambio que en lo que queda y se conserva o lo que queda en equilibrio, como puede ser el caso de las reacciones químicas.

Vosniadou (2012) distingue entre preconceptos y conceptos erróneos. Entiende las ideas preconcebidas como las representaciones que construyen los niños sobre el mundo físico basadas en sus experiencias cotidianas, antes de ser expuestos a la ciencia escolar. Por el contrario, considera que los conceptos erróneos son las interpretaciones que hacen los alumnos después de estar expuestos a la ciencia escolar. Estos conceptos erróneos son los intentos del alumnado para sintetizar la información científica con sus concepciones iniciales y que actúan como limitaciones en el proceso de adquisición de conocimiento.

En el campo de la didáctica siempre ha existido una gran preocupación por la forma que esas ideas persisten en el alumnado a pesar de haberse enseñado las teorías científicas en la escuela (Benlloch, 1997), por lo que han proliferado las investigaciones en temáticas tan diversas como la física, la química, la astronomía, la mecánica, las matemáticas, la biología o la geología (Vosniadou, 2012)

El estudio que se ha llevado a cabo en este trabajo está relacionado con la idea que tiene el alumnado sobre el concepto de átomo. Es frecuente que el alumnado entienda que el átomo es algo dentro de la materia (parte de ella), pero no que la constituya (Anderson, 1990; Wisner y Smith, 2009). Para conseguir superar esta concepción errónea, como dice Santa Cruz et al. (2011), es necesario buscar una estructura diferente que ayude a deshacer las teorías implícitas de carácter cognitivo y social.

La pedagogía de la comprensión es una propuesta para educar, de gran vigencia y aplicación en distintas instituciones educativas y que, en palabras de Perkins (2003),

podría decirse que consiste en “*el arte de enseñar a comprender*”. Este mismo autor la señala como el enfoque que necesita la educación para evitar el “conocimiento frágil” que causa, en general, que los jóvenes no entiendan muy bien lo que están aprendiendo y continúen aferrados a conceptos erróneos y estereotipos. Tishman et al. (1994) detallaron seis dimensiones que debe tener una verdadera cultura del pensamiento: la primera dimensión hace referencia al lenguaje del pensamiento que se utiliza en el aula, como pueden ser las palabras probar, recordar o analizar; cuando estas palabras se utilizan de forma adecuada se está facilitando la organización del pensamiento del alumnado. Otra dimensión se relaciona con las predisposiciones del pensamiento o lo que nos impulsa a hacer algo, destacando el tener curiosidad, hacer cuestiones, razonar detenidamente y organizar el propio pensamiento. Una tercera dimensión importante es la metacognición o reflexión sobre el propio pensamiento. También se ha de considerar el uso de estrategias de pensamiento que faciliten el aprendizaje autónomo. Como quinta dimensión los autores señalan la naturaleza de lo que se hace; es decir, actuar como lo haría un científico; y, finalmente, hablan de transferencia como última dimensión, entendiéndose esta como la capacidad para llevar lo aprendido de un contexto a otro.

El objetivo de esta investigación consistía en evitar que se produjeran conceptos erróneos a partir de la explicación del modelo atómico, pretendiéndose llegar a este cambio conceptual por medio de una pedagogía basada en la comprensión.

2. Metodología

Esta experiencia se concreta en el proceso de enseñanza-aprendizaje llevado a cabo en torno a los contenidos correspondientes a la estructura de la materia, con alumnos que cursaron la asignatura de Física y Química en el tercer curso de E.S.O. (15 años de edad), atendiendo a los contenidos establecidos por la Comunidad Autónoma de Andalucía para esta materia troncal general, conforme a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) y la normativa que la desarrolla.

Para Elliott (1993) el objetivo principal de la investigación-acción es mejorar la práctica, y este ha sido el marco de referencia desde que se empezó la experiencia. Todo proceso didáctico tiene una fase de preparación y evaluación, lo que lo diferencia de la investigación-acción es que esa planificación, observación y reflexión se realiza de un modo más sistemático de lo que se hace en el día a día (Kemmis y Taggart, 1988).

En esta investigación el proceso de reflexión se hizo a partir del análisis del diario del profesor, de entrevistas sobre la práctica y analizando los portafolios del alumnado.

3. Resultados

3.1 Curso 2015-2016

Este curso académico resultó de transición en cuanto a la regulación normativa de la ordenación de las enseñanzas por parte de la Comunidad Autónoma Andaluza. En lo que toca a la materia de Física y Química, esta se venía impartiendo junto con la materia de Biología y Geología bajo el nombre de Ciencias de la Naturaleza, con una carga de cuatro horas lectivas semanales; siendo a partir de este curso cuando se separan en dos materias con diseños curriculares diferentes y una carga de dos horas lectivas semanales para cada materia. Debido a la situación de transición, el alumnado continuó utilizando los textos correspondientes al desarrollo curricular anterior a la LOMCE. La metodología utilizada en este curso fue la clase magistral, exponiéndose por parte del docente los contenidos relativos a la estructura de la materia, que comprenden las diferentes concepciones de la constitución de la materia: desde las primeras ideas filosóficas, pasando por la teoría atómica de Dalton y los sucesivos modelos atómicos, hasta el propuesto por Böhr. En relación a la evaluación del aprendizaje del alumno se llevó a cabo de forma tradicional mediante la realización de una prueba objetiva sobre los contenidos expuestos.

El análisis de los resultados obtenidos por el alumnado en la prueba objetiva puso de manifiesto que un número importante de ellos no contestaron u obtuvieron una baja calificación en las preguntas de tipo conceptual o teóricas directamente relacionadas con los modelos atómicos. Este hecho nos animó a proponer un cambio en la metodología y evaluación de esta parte de la materia para el siguiente curso. Por todo lo anteriormente dicho, los resultados obtenidos en aquel curso bien podrían ser un punto de partida para valorar el resultado de las modificaciones introducidas en metodología y evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje objeto de este trabajo.

3.2 Curso 2016-2017

En este curso, los alumnos contaron con un nuevo libro texto, ya aprobado conforme al nuevo diseño curricular establecido por la LOMCE para la materia de Física y Química en el tercer curso de E.S.O. También, en la organización del centro se produjo, por aplicación de la LOMCE, la escisión de la materia de Ciencias de la Naturaleza en las materias de Biología y Geología y de Física y Química con una carga lectiva de dos horas cada una. Ante esta nueva situación, se subdividieron los contenidos correspondientes a la estructura de la materia en dos subunidades: una dedicada a las diferentes teorías y modelos propuestos para la constitución de la materia (más conceptual) y otra dedicada a los aspectos procedimentales y las aplicaciones de los contenidos relacionados con la constitución de la materia (número y tipos de partículas en los isótopos, aplicaciones de éstos, tipos de radiaciones, etc.). La evaluación se llevó a cabo mediante dos pruebas objetivas, una para cada subunidad.

Con objeto de incorporar la pedagogía de la comprensión en esta experiencia de enseñanza-aprendizaje, se propuso a los alumnos la realización, en pequeños grupos, de un trabajo de investigación sobre una de las teorías o modelos de constitución de la materia propuestos a lo largo de la Historia. Esta propuesta, dirigida a facilitar el aprendizaje autónomo de los alumnos a través de la búsqueda, selección y contraste de la información obtenida usando las TIC, contaba con una guía o ficha de trabajo para abordar la tarea. Además, su diseño se realizó a través de preguntas en las que se incluyeron palabras claves del lenguaje de pensamiento, incorporando, de esta forma, otra de las dimensiones que debe tener la pedagogía de la comprensión.

Se indican a continuación las preguntas a las que tienen que responder los alumnos sobre el modelo asignado, indicando entre paréntesis la palabra de pensamiento con la que queda relacionada.

1. Descripción de la teoría o modelo (Describe). (¿Cuáles son las ideas, postulados, etc. que se proponen sobre cómo está constituida la materia?)
2. ¿Qué hecho o hechos experimentales hacen que surja este modelo? (Analizar). (¿Por qué aparece el modelo? La aparición de este modelo responde a la necesidad de explicar...)
3. ¿Qué elementos o aspectos son diferentes en este modelo con respecto al anterior? (Comparar-Contrastar) (¿Qué ideas o estructuras nuevas incluye sobre cómo está constituida la materia?)
4. ¿Qué elementos/aspectos se mantienen del modelo anterior? (Comparar) (¿Qué ideas o estructuras son iguales a las que existían en el modelo anterior?);
5. Breve biografía del filósofo o científico que propone el modelo atómico. Bibliografía consultada para dar respuesta a la actividad propuesta

3.3 Curso 2017-2018

En este curso se realizó por parte del profesor una breve exposición de las teorías y modelos sobre la constitución atómica de la materia a estudiar, disponiendo los alumnos de la ficha de trabajo con las preguntas que debían responder. También, para estimular la curiosidad –otra de las dimensiones de la pedagogía de la comprensión- se les propuso que completasen dichas exposiciones buscando en el libro texto o usando las TIC.

Otro de los cambios introducidos fue el orden de las preguntas de la ficha, situando en último lugar la anterior pregunta dos y reformulándola de la siguiente forma:

4. ¿Qué hecho o hechos experimentales hacen que sea necesario proponer un nuevo modelo? (¿Qué nuevos hechos experimentales no pueden ser explicados por este modelo y desembocarán en la aparición de otra propuesta sobre la constitución de la materia?).

Con ello, además de favorecer la curiosidad, se impulsaba a conocer la necesidad de abandonar ese modelo atómico a partir de los hechos experimentales observados o de los aspectos que no podía explicar y que hacía necesario plantear otro nuevo. En definitiva, esta modificación pone de manifiesto la constante revisión a la que están sometidos los conocimientos científicos. Así, cuando nuevos hechos científicos no pueden ser explicados mediante las teorías o modelos aceptados hasta ese momento, son modificados convenientemente o bien, si no es posible, se propone un nuevo modelo o teoría. Tratamos así de cumplimentar otra de las dimensiones de la pedagogía de la curiosidad trasladando la idea al alumnado de que la Ciencia se encuentra en continua evolución y proponiéndole, de esta forma, que actúe como lo haría un científico (Gardner, 2000). Además, se sustituyó la biografía relativa al científico que da nombre al modelo por la bibliografía de las fuentes consultadas para obtener la información completada en la ficha, incorporando otra palabra de pensamiento relacionada con esta actividad (fundamentar-sustentar).

En cuanto al desarrollo de la unidad, cabe mencionar que se utilizaron 10 sesiones para la elaboración de un desempeño individual y evaluable (dossier-portafolio). La elaboración de este desempeño requiere la puesta en juego de otra de las dimensiones de la pedagogía de la comprensión como es la metacognición o reflexión. Por otro lado, se le pidió además a los alumnos que realizaran un desempeño colectivo evaluable, el cual consistió en la preparación de una presentación en formato digital y su posterior exposición ante los compañeros de la clase (Transferencia)

3.4 Curso 2018-2019

Teniendo en cuenta el importante número de sesiones utilizadas en el curso anterior para abordar esta unidad didáctica, esta se programó con una disminución importante de las mismas, empleando 7 sesiones en lugar de 11. Otro de los cambios introducidos fue añadir la lectura de algunas páginas del libro “El mundo de Sofía”, del autor Jostein Gaarder, para ampliar el conocimiento de las diferentes ideas filosóficas sobre la constitución de la materia que confluyen en dos concepciones diferentes: el atomismo y la teoría de los cuatro elementos.

También en el plano didáctico hubo importantes modificaciones al proponerse una metodología más activa. Así, en esta ocasión, se procedió a facilitar la ficha de investigación sobre cada uno de las teorías o modelos con anterioridad a la explicación del docente. El alumnado debía completarla bien a partir de la lectura de textos facilitados, del manual empleado en clase, o a partir de la búsqueda bibliográfica usando las TIC. En la siguiente sesión, y a partir de las aportaciones del alumnado tras la investigación realizada, se procedió a responder, por parte del docente, a las preguntas planteadas en las fichas. Estas respuestas por parte del profesor se dieron siguiendo los niveles de respuesta de Sternberg (1994), lo que supuso que tuvieran que volver a cuestionarse y acudir a nuevas fuentes. De esta forma, los alumnos podían ir corrigiendo y completando las respuestas obtenidas en su proceso de investigación.

En cuanto al proceso de evaluación, otra diferencia importante fue la calificación individualizada para cada una de las fichas de trabajo, en lugar de otorgar una única calificación a todo el desempeño individual en conjunto.

Se implantaron a lo largo de estos cursos una serie de innovaciones relacionadas con la pedagogía de la comprensión. Entre estas estuvieron la utilización de unas cartulinas con palabras de pensamiento; en total se detectaron más de 30 palabras (analizar, investigar, observar, sintetizar, entre otras) que se utilizan habitualmente en el desarrollo de la clase. Cuando aparecían estas palabras se explicaba su significado y se situaba en la pared de la clase, para recordarlo cada vez que aparecía.

Otra innovación fue trabajar la curiosidad como impulso que nos lleva a querer profundizar sobre un tema. Para ello, se utilizaron diferentes niveles de enfocar las preguntas, siguiendo a Sternberg (1994), mientras que en los que denomina nivel 1, 2 y 3 de respuestas, esencialmente están vacías y buscan que el niño deje de preguntar. A partir del nivel 4 existe un cambio, ya que anima al alumno busque la respuesta a las preguntas, ya sea en el libro de texto, en documentos alternativos que se le facilitan o en internet. En el nivel 5 se genera una serie de incertidumbres considerando diferentes explicaciones por parte del profesor dando diferentes hipótesis. En el siguiente nivel se anima a los niños no solo a generar alternativas, sino a reflexionar sobre los métodos para comparar estas alternativas. En el último nivel el profesor anima al estudiante a realizar los experimentos para distinguir entre las distintas explicaciones que se han dado. Estos niveles se utilizaron enfrentando las teorías de los filósofos que de alguna manera eran las teorías implícitas, en contraste con las teorías científicas. Al final, en el portafolio quedaban recogidas todas las evidencias de los procesos que habían llevado y su forma de pensamiento.

4. Conclusiones

Los resultados de esta investigación, aunque no pueden suponer una generalización, representan el esfuerzo de reflexión de un profesor para conseguir derribar los conceptos erróneos, y puede servir para que otros profesores se animen a seguir este proceso de reflexión-acción.

Los resultados de las pruebas y de los portafolios demuestran que si el alumnado se ve predispuesto a investigar dentro de una pedagogía de la comprensión, puede modificar sus concepciones iniciales.

Las TIC facilitan la información, pero es necesario desarrollar en el alumnado una forma de proceder para dar respuestas a las preguntas que les lleve a diseñar experimentos para resolver las distintas alternativas.

El alumnado ha mostrado satisfacción hacia esta metodología y ha valorado la experiencia positivamente.

Las estrategias utilizadas exigen una responsabilidad individual del alumnado que se ha visto reforzada con el compromiso del grupo.

Referencias Bibliográficas

- Anderson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12–16). *Studies in Science Education*, 18, 53–85.
- Benlloch, M. (1997) *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Visor
- Comelles, J. M., y Hernández, Á. M. (1994). La medicina popular: ¿Los límites culturales del modelo médico? *Revista de dialectología y tradiciones populares*, 49(2), 109-136.
- Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Morata.
- Gardner, H. (2000). *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*. Barcelona: Paidós.
- Gómez, M. Á., Pozo, J. I., y Gutiérrez, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación química*.
- Jiménez, A.B. y Cabrera, L. (1999). Aproximación a las teorías implícitas del profesorado de educación infantil y primaria, secundaria y superior sobre los medios de enseñanza. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 13, 47-58.
- Kemmis, S., y Mac, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Laertes.
- Perkins, D. (2003). *El contenido. Hacia una pedagogía de la comprensión* (pp. 79-101). Gedisa, Barcelona.
- Pozo, J. I., del Puy, M., Sanz, A., y Limón, M. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Ministerio de Educación y Ciencia, Centro de Publicaciones.
- Pozo, J. I., del Puy, M., Sanz, A., y Limón, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y aprendizaje*, 15(57), 3-21.
- Pozo, J., y Gómez, M. (2009). *Aprender y enseñar ciencia del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (6ª ed.). Morata.
- Rico, R., Ríos, M. F., Rascado, P., y Manzanares, M. S. (2004). Teorías implícitas, diseño organizacional y eficacia. *Interamerican journal of psychology*, 38(1), 121-130.
- Santa Cruz, J., Thomsen, P., Beas Franco, J., y Rodríguez, C. (2011). Análisis de las clases de errores que cometen los alumnos y propuesta de andamiaje para aquellos errores que requieren cambio conceptual. *Revista Iberoamericana de Educación*, 57(1), 1–12.
<https://doi.org/10.35362/rie5711477>
- Soussan, G. (2003). Aproximación de la didáctica por situaciones concretas. *En: Enseñar las Ciencias Experimentales. Didáctica y formación*, pp. 95-106. Oficina Regional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- Sternberg, R. (1994). Answering Questions and Questioning Answers: Guiding Children to Intellectual Excellence. *Phi Delta Kappan*, 76(2), 136–138.
- Tishman, S., Perkins, D., y Jay, E. (1997). *Un aula para pensar: aprender y enseñar en una cultura de pensamiento*. Buenos Aires. Aique.
- Vosniadou, S. (2012). Reframing the classical approach to conceptual change: Preconceptions, misconceptions and synthetic models. In *Second international handbook of science education* (pp. 119-130). Springer, Dordrecht.
- Wiser, M., & Smith, C. L. (2009). Learning and Teaching about Matter in Grades K–8: When Should the Atomic-Molecular Theory be Introduced? In *International handbook of research on conceptual change* (pp. 233-267). Routledge.