

Breve revisión de perspectivas que incluyen el modelo de pensamiento triple de la Química

ISSN 2215-8227

2023, Volumen 14, No. Extra

Breve revisão das perspectivas incluídas no modelo de pensamento triplo da Química

Short Review Of The Perspectives Included In The Triple Thinking Model Of Chemistry

Francisco Mauricio Enríquez Delgado

Universidad Tecnológica de Pereira
mauricio.enriquez@utp.edu.co

Nadia Lucía Obando Correal  <https://orcid.org/0000-0001-9177-4332>

Universidad Tecnológica de Pereira
naluobando@utp.edu.co

Resumen

En esta investigación, se revisan diversas perspectivas desde las cuales se ha abordado el modelo de pensamiento triple propuesto por Johnstone para el aprendizaje de la química. El objetivo de esta revisión es describir los aportes e interpretaciones más relevantes sobre el triángulo representacional en el contexto de investigaciones recientes de educación química. Para seleccionar los estudios incluidos en esta revisión, se consideraron aquellos que hacían uso de términos comúnmente utilizados en la descripción del modelo. Los resultados indican que la visualización y la multimedia son las herramientas más utilizadas para facilitar la comprensión y la integración de los componentes del pensamiento químico multinivel.

Palabras Claves

Aprendizaje de la química, modelo triple; triángulo de conocimiento; representaciones macro y submicro; nivel particulado.

Resumo

Nesta pesquisa, são revisadas diversas perspectivas a partir das quais o modelo de pensamento triplo proposto por Johnstone para o ensino de química foi abordado. O objetivo desta revisão é descrever as contribuições e interpretações mais relevantes sobre o triângulo representacional no contexto de pesquisas recentes em educação química. Para selecionar os estudos incluídos nesta revisão, foram considerados aqueles que faziam uso de termos comumente utilizados na descrição do modelo. Os resultados indicam que a visualização e a multimídia são as ferramentas mais utilizadas para facilitar a compreensão e integração dos componentes do pensamento químico multinível.

Palavras Chaves

Aprendizagem de química, modelo triplo; triângulo de conhecimento; representações macro e submicro; nível particulado.

Abstract

In this research, various perspectives are reviewed from which the triple thinking model proposed by Johnstone for chemistry learning has been approached. The objective of this review is to describe the most relevant contributions and interpretations of the representational triangle in the context of recent research on chemistry education. To select the studies included in this review, those that made use of commonly used terms in the model description were considered. The results indicate that visualization and multimedia are the most used tools to facilitate understanding and integration of the components of multi-level chemical thinking.

Keywords

Chemistry learning, triple model; knowledge triangle; macro and submicro representations; particulate level.

Introducción

Durante las décadas de los ochenta y noventa, Johnstone (1982, 1991) centró su investigación en el aprendizaje de las ciencias, basándose en las teorías del funcionamiento de la memoria. Desde esta perspectiva, logró categorizar el conocimiento químico en tres niveles de pensamiento, representados por el triángulo del conocimiento: un nivel macro que se relaciona con las representaciones mentales adquiridas a través de la experiencia sensorial basada en propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles; un nivel submicro que engloba las representaciones de la materia no perceptibles, abstraídas de modelos teóricos a escala atómica; y un nivel simbólico, que se refiere a la codificación sistemática del conocimiento mediante símbolos, fórmulas y ecuaciones químicas (Galagovsky et al., 2003).

En las últimas cuatro décadas, el modelo de pensamiento triple de la química ha sido ampliamente desarrollado y se utiliza cada vez más como referente teórico en diferentes investigaciones en el campo de la educación. Este modelo ha sido objeto de confrontaciones, confirmaciones, reinterpretaciones y adaptaciones propuestas desde diferentes ángulos de investigación relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Galagovsky et al., 2003 y Talanquer, 2011). Por lo tanto, una revisión de las perspectivas actuales sobre este modelo puede proporcionar una visión más clara y actualizada sobre su uso y efectividad en el aprendizaje de la química.

Metodología

Esta investigación se realizó bajo un enfoque cualitativo y descriptivo, con un análisis bibliográfico basado en la revisión de artículos y documentos relevantes sobre el modelo de pensamiento triple y sus derivaciones en el contexto de la educación química. Para ello, se consultaron bases de datos especializadas en educación y química, como ERIC, Scopus, Web of Science y ScienceDirect; utilizando palabras clave como "modelo triple", "triángulo de conocimiento", "representaciones macro y submicro", "nivel particulado" y "educación química". Se incluyeron estudios publicados en inglés, español y portugués publicados en los últimos 12 años.

El proceso de selección se llevó a cabo en dos etapas: la primera consistió en la revisión de los títulos y resúmenes de los artículos identificados en la búsqueda inicial, y la segunda etapa involucró la lectura completa de los artículos seleccionados en la etapa anterior, con el fin de verificar si cumplían con los criterios de inclusión.

Una vez seleccionados los estudios, se realizó una síntesis de los resultados y se identificaron las perspectivas más relevantes reportadas en la literatura de educación química, que trataban el modelo de pensamiento triple o sus derivaciones. Se llevó a cabo un análisis crítico de los estudios seleccionados, con el fin de identificar las fortalezas y limitaciones de cada uno de ellos.

En cuanto a los instrumentos utilizados, se desarrolló una matriz de datos, que incluía información relevante sobre cada uno de los estudios seleccionados, como el título, au-

tor, año de publicación, país de origen, objetivo del estudio, metodología utilizada, resultados y conclusiones principales. Esta matriz permitió una organización sistemática de la información y facilitó el proceso de síntesis y análisis de los resultados.

Resultados y análisis

En esta sección se presentan los resultados encontrados en la revisión mediante la tabla 1; y se analizan dos categorías principales: (1) identificación de representaciones y (2) movilidad a través de los tres niveles de representación (NR).

En cuanto a la (1) identificación de niveles de representación en el modelo triple de la química, la mayoría de los estudios desarrollados a partir del triángulo de Johnstone poseen en su diseño metodológico una sección encargada de indagar los niveles representacionales de los participantes. En ese aspecto, varios reportes registran el uso de cuestionarios (abiertos/cerrados que incluyen diversos modos representacionales de la química) como principal instrumento para identificar dichos niveles. Asimismo, las secciones de análisis de resultados (de investigaciones cualitativas o cuantitativas) coinciden en que los estudiantes de secundaria tienden a identificar mayormente el nivel macro, muy pocas veces el nivel submicro y casi nunca el nivel simbólico. Aunque se han conseguido algunas experiencias relativamente exitosas en el campo de la enseñanza de la química, el orden de reconocimiento de estos niveles no se ha alterado, sino más bien, ha incrementado levemente la comprensión de representaciones submicro.

Por su parte, (2) la movilidad entre niveles del modelo triple, considerada por Johnstone como “saltos” entre los vértices del triángulo de aprendizaje (Johnstone, 1991); ha sido estudiada en algunas investigaciones que buscan interrelacionar los dominios representacionales del modelo, de acuerdo al grado de escolaridad del aprendiz. Por ejemplo, los estudios relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química escolar, se enfocan principalmente en las interconexiones entre los niveles macro y submicro; mientras que el nivel simbólico se incluye en los contenidos de química universitaria (Davidowitz et al., 2010 y Gilbert & Treagust, 2009).

Tabla N° 1. Matriz de revisión bibliográfica sobre el modelo de pensamiento triple.

Autor(es)	País	NR	CA	Tópico	Perspectiva/ contribución
Johnstone (1982)	Escocia	Ma-Sim	2ria		Procesamiento de información
Johnstone (1991)	Escocia	Ma-Sim	2ria	Disoluciones y reacción química	Procesamiento de información
Russell et al., (1997)	EEUU	Ma-Sub-Sim	2ria		Mediación (visualización) Procesamiento de información
Galagovsky et al., (2003)	Argentina	Ma-Sub-Sim	2ria	Mezcla y Reacción química	Reformulación
Zoltan & Edina (2009)	Hungría	Ma-Sub	2ria	Cambio químico	Aplicación-Identificación
Davidowitz & Chittleborough (2009)	Sudáfrica	Ma-Sub	2ria	Acidez, equilibrio químico y cinética de los gases	Visualización (esquemas)
Chiu & Wu (2009)	China	Sub	2ria	Disoluciones y equilibrio químico	Visualización (multimedia)
Gilbert & Treagust (2009)	Reino Unido	Ma-Sub-Sim	2ria		Currículo
Rahayu & Kita (2009)	Taiwan	Ma-Sub	2ria	Mezclas y cambios de fase	Identificación
Davidowitz et al., (2010)	Sudafrica	Sub-Sim	Pre.	Ecuaciones químicas y estequiometría	Visualización (esquema)
Talanquer (2011)	EEUU	Ma-Sub-Sim	2ria		Reformulación
Ruby et al., (2013)	Chile	Ma-Sub-Sim	2ria	Materia, mezclas y compuestos	Aprendizaje significativo
Taber (2013)	Reino Unido	Ma-Sub-Sim	2ria	Ecuaciones químicas	Procesamiento de información, Aprendizaje Significativo y Enseñanza como andamiaje
Denis (2014)	Moscú, Rusia	Ma-Sim	2ria	Reacciones químicas	Demostraciones (completar ecuaciones)
Becker et al., (2015)	Iowa, EEUU	Ma-Sub-Sim	2ria	Termodinámica	Argumentación (modelo de Toulmin)
Sunyono et al., (2015)	Indonesia	Ma-Sub-Sim	2ria	Estequiometría	Modelos mentales
Lin et al., (2016)	EEUU	Ma-Sub-Sim	2ria	Cambios de fase	La teoría del desvanecimiento de la concreción
Koopman (2017)	Sudáfrica	Ma-Sub-Sim	2ria	Átomo, tabla periódica, ácidos y bases, isótopos, y enlace químico	Identificación
Nuić (2018)	Bosnia y Herzegovina	Ma-Sub	2ria	Estructura de la materia, estados de la materia, sustancias puras y mezclas	Basado en la web
Slapničar et al., (2018)	Slovenia	Ma-Sub-Sim	2ria	Estados de la materia, sustancias puras, mezclas, elemento, compuesto y cambio físico	Identificación
Rüschepöhler (2020)	Alemania	Ma-Sub-Sim		Reacción química	Argumentación
Raviolo & Farré (2020)	Argentina	Sub	Pre	Concentraciones	Representaciones internas (esquemas)
Lorduy & Naranjo (2020)	Colombia	Ma-Sub-Sim	Doc. Y Pre.		Identificación
Ovens et al., (2020)	Australia	Ma-Sub	Pre.	ADN	Visualización (realidad aumentada)
Murni et al., (2020)	Indonesia	Ma-Sub-Sim	2ria	Velocidad de reacción	Modelo de diseño instruccional
Sarıtaş et al., (2021)	Argentina	Ma-Sub	2ria	Cinética de los gases	Inferencia Filosofía de la Ciencia

Enríquez Delgado, F.M. y Obando Correal, N. L. (2023). Breve revisión de perspectivas que incluyen el modelo de pensamiento triple de la Química. *Revista Electrónica EDUCYT*, V. 14, (Extra), pp.431. -439.

Sin embargo, esta revisión centra su interés en la química de secundaria, por lo que en adelante se describen los marcos teóricos más utilizados de las investigaciones

tendientes a interrelacionar lo macro y submicro (escasamente la triplete) en medio del abordaje de algunos tópicos químicos.

Las propuestas orientadas a conectar lo tangible y lo teórico enfatizan en la comprensión de fenómenos y sistemas químicos a escala microscópica, partiendo de la generalización que atribuye a las representaciones submicro, el soporte explicativo del mundo macroscópico (Davidowitz y Chittleborough, 2009 y Gabel et al., 1987). En esa dirección de tránsito, los reportes muestran que las herramientas visuales (imágenes, modelos sólidos) y de multimedia (imágenes, videos, interfaces de visualización 3D, realidad aumentada) han sido ampliamente utilizadas para generar habilidades representacionales en la esquina microscópica (Chiu y Wu, 2009; Davidowitz et al., 2010; Davidowitz y Chittleborough, 2009 y Russell et al., 1997). Asimismo, es recurrente encontrar el marco de la teoría de procesamiento de la información desde cuyas perspectivas se valida la visualización como herramienta que permite disminuir la carga cognitiva del alumnado.

Ahora bien, las investigaciones más recientes mencionan otros enfoques que buscan la interconexión macro-submicro. Por ejemplo, el aprendizaje significativo y la enseñanza como andamiaje (Taber, 2013), la argumentación (Becker et al., 2015 y Rüschenpöhler, 2020), el modelo instruccional (Murni et al., 2020), y la inferencia en el marco de la filosofía de la ciencia (Saritaş et al., 2021).

En cuanto a los tópicos químicos más estudiados en las propuestas didácticas analizadas son (en su orden): reacciones químicas, mezclas y estados de la materia.

Si bien el modelo de aprendizaje de la química ha sido extensivamente utilizado a lo largo de estos años, es notable la necesidad de ampliar las perspectivas más allá del enfoque cognitivo y de la visualización. Son prometedoras las incipientes investigaciones en didáctica de la química que desde un enfoque sociocultural buscan asociar los niveles de representación química en ambientes de interacción del alumnado. Asimismo, el enfoque filosófico de la ciencia es un camino que apenas ha empezado a explorarse en el tránsito entre niveles.

Conclusiones

La enseñanza de la química en secundaria se ha enfocado principalmente en los niveles macro y submicro, con muy poca atención al nivel simbólico. Aunque se han logrado algunas mejoras en la comprensión de las representaciones submicro, sigue siendo necesario seguir trabajando en la interrelación de los tres niveles para un aprendizaje más completo. Existen diversas propuestas didácticas que buscan interconectar los niveles macro y submicro en la enseñanza de la química en secundaria, enfocándose principalmente en la comprensión de fenómenos y sistemas químicos a escala microscópica. Estas propuestas utilizan herramientas visuales y multimedia para mejorar las habilidades representacionales de los estudiantes.

Bibliografía

- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: The role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 769–785. <https://doi.org/10.1039/c5rp00064e>
- Chiu, M.-H., & Wu, H.-K. (2009). *The Roles of Multimedia in the Teaching and Learning of the Triplet Relationship in Chemistry* (pp. 251–283). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_12
- Davidowitz, B., & Chittleborough, G. (2009). *Linking the Macroscopic and Submicroscopic Levels: Diagrams* (pp. 169–191). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_9
- Davidowitz, B., Chittleborough, G., & Murray, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: A useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 154–164. <https://doi.org/10.1039/c005464j>
- Denis, Z. (2014). Representation of demonstrated reactions: Imagery (macroscopic) or schematic (symbolic). *Journal of Science Education*, 15(1), 26–30. https://www.researchgate.net/publication/261877661_Representation_of_demonstrated_reactions_Imagery_macroscopic_or_schematic_symbolic
- Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. En *Journal of Chemical Education* (Vol. 64, Número 8, pp. 695–697). Division of Chemical Education . <https://doi.org/10.1021/ed064p695>
- Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N., & Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje de concepto de “reacción química” a partir del concepto de “mezcla”. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(1), 107-121–121. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21898>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). *Towards a Coherent Model for Macro, Submicro and Symbolic Representations in Chemical Education* (pp. 333–350). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_15
- Johnstone, A. (1982). Macro-and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377–379. <https://www.scienceopen.com/document?vid=cddaodc2-9065-414c-826f-9e9538caeaeg>
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>

- Koopman, O. (2017). Investigating how science teachers in South Africa engage with all three levels of representation in selected Chemistry topics. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 21(1), 15–25. <https://doi.org/10.1080/18117295.2016.1261546>
- Lin, Y. I., Son, J. Y., & Rudd, J. A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal of Science Education*, 38(4), 644–662. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1144945>
- Lorduy, D. J., & Naranjo, C. P. (2020). Percepciones de maestros y estudiantes sobre el uso del triplete químico en los procesos de enseñanza-aprendizaje Teachers' and Students' Perceptions on the use of the chemical triplet in the teaching-learning processes Percepções de professores e alunos. *Educación científica y tecnológica*, 39(3), 324–340. <https://doi.org/10.14483/23448350.16427>
- Murni, H. P., Azhar, M., & Ulianas, A. (2020). Validity and practicality level of structured inquiry-based reaction rate module containing macro, submicro and symbolic representation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012080>
- Nuić, I. (2018). Integration of macroscopic and submicroscopic levels for understanding fundamental chemical concepts using web-based learning material. *undefined*.
- Ovens, M., Ellyard, M., Hawkins, J., & Spagnoli, D. (2020). Developing an Augmented Reality Application in an Undergraduate DNA Precipitation Experiment to Link Macroscopic and Submicroscopic Levels of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3882–3886. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00481>
- Rahayu, S., & Kita, M. (2009). An Analysis of Indonesian and Japanese Students' Understandings of Macroscopic and Submicroscopic Levels of Representing Matter and its Changes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 667–688. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9180-0>
- Raviolo, A., & Farré, A. S. (2020). Las representaciones de los estudiantes sobre el concepto de concentración de disoluciones. En *Revista Debates em Ensino de Química* (Vol. 0, Número 6). <https://orcid.org/4444-0003-3498->
- Ruby, O., Marcela, A., Roxana, J., & Cristian, M. (2013). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación química*, 25(1), 46–55. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000100008
- Rüschenpöhler, L. (2020). Argumentation in Chemistry Education: Research, Policy and Practice Advances in Chemistry Education Series. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 10(1), 209–213. <https://doi.org/10.26529/cepsj.903>
- Russell, J. W., Kozma, R. B., Jones, T., Wykoff, J., Marx, N., & Davis, J. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representa-

- tions to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 330–334. <https://doi.org/10.1021/ed074p330>
- Sartaş, D., Özcan, H., & Adúriz-Bravo, A. (2021). Observation and Inference in Chemistry Teaching: a Model-Based Approach to the Integration of the Macro and Submicro Levels. *Science & Education*, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00216-z>
- Slapničar, M., Tompa, V., Glažar, S. A., & Devetak, I. (2018). Fourteen-year-old students' misconceptions regarding the sub-micro and symbolic levels of specific chemical concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 17(4), 620–632. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.620>
- Sunyono, Leny, Y., & Muslimin, I. (2015). Mental models of students on stoichiometry concept in learning by method based on multiple representation. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 5(2), 30–45. <http://repository.lppm.unila.ac.id/6332/>
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. En *Chemistry Education Research and Practice* (Vol. 58, Número 6, pp. 156–168). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c3rp00012e>
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Zoltan, T., & Edina, K. (2009). Modelling students' thinking patterns in describing chemical change at macroscopic and sub-microscopic levels. *Journal of Science Education*, 10(1), 24–26. https://www.researchgate.net/publication/289743889_Modelling_students'_thinking_patterns_in_describing_chemical_change_at_macroscopic_and_sub-microscopic_levels