

# MODELIZACIÓN MULTIDIMENSIONAL EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. UNA APLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA INMUNOLOGÍA

Óscar Eugenio Tamayo-Alzate  
*Universidad de Caldas,  
Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.*

Ana Milena López-Rúa  
*Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.*

Mary Orrego-Cardozo  
*Universidad Autónoma de Manizales, Colombia,  
Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.*

**RESUMEN:** Se propone considerar la modelización en la didáctica como un proceso multidimensional referido tanto a los modelos conceptuales como a aspectos ontológicos y cognitivo-lingüísticos. Esta perspectiva de modelización establece diferencias sustanciales con aquellas centradas en modelos conceptuales (explicativos) y en modelos mentales en perspectiva unidimensional. Presentamos resultados de investigación de un proceso cualitativo de modelización en estudiantes universitarios, antes y después de la aplicación de una unidad didáctica en el área de biología, en quienes se caracterizaron las cuatro dimensiones antes mencionadas y se establecieron relaciones entre ellas, en pos de construir modelos mentales multidimensionales; los cuales posibilitan asumir una perspectiva evolutiva en torno al aprendizaje multidimensional basado en modelos.

**PALABRAS CLAVE:** Modelos, modelización, enseñanza, aprendizaje, inmunología

**OBJETIVOS:** Caracterizar la modelización en las aulas de ciencias como proceso multidimensional. Identificar los modelos mentales de estudiantes universitarios sobre inmunología. Reconocer obstáculos epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos de los estudiantes frente al aprendizaje de conceptos sobre inmunología.

## MODELIZACIÓN MULTIDIMENSIONAL EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE

Uno de los campos de mayor relevancia actual en la didáctica de las ciencias es el estudio de las representaciones y el papel que éstas juegan en el aprendizaje de las ciencias. Los estudios pioneros realizados sobre los modelos mentales desde la didáctica de las ciencias estuvieron orientados a conocer cuáles eran las representaciones internas sobre conceptos específicos de los alumnos en diversos campos del conocimiento (Tamayo, 2009). Estos trabajos iniciales describieron en detalle bien sea las concepciones alternativas de los estudiantes en una amplia variedad de temas, los modelos conceptuales de los

estudiantes, los modelos explicativos de ellos o los perfiles conceptuales (Mortimer, Scottt, Ribeiro, y El-Hani, 2014).). Además de las denominaciones antes mencionadas hay abundante literatura que se refiere a los modelos mentales (Vosniadou y Brewer, 1992; Greca y Moreira, 1998). Asimismo han sido evidentes los desarrollos que exploran la relación entre los modelos mentales y el cambio conceptual (Vosniadou, 2013; Nersessian, 2008, 2013; Sinatra y Pintrich, 2003, DiSessa, 2013; Thagard, 2013, Duit y Treagust 2012).

De las múltiples líneas de investigación que históricamente se han vinculado con los modelos mentales, nos interesa aquí precisar la perspectiva teórica desde la cual presentamos nuestros resultados de investigación. En primer lugar, consideramos que las concepciones alternativas (Furió, 1996) se refieren de manera específica al conocimiento declarativo de las personas acerca de un concepto o fenómeno determinado, con las características ya señaladas en la literatura (Tamayo 2009). En segundo lugar, si bien están descritas diferencias entre los modelos conceptuales y los explicativos para efectos de esta comunicación, los asumimos como sinónimos. En tercer lugar, restringimos la denominación de Modelo Mental a aquellas representaciones internas multidimensionales que incorporan las dimensiones epistemológica, ontológica y cognitivo-lingüísticas en su descripción. En cuarto lugar, entendemos la dimensión epistemológica como aquella referida al concepto o teoría estudiada (en este caso inmunología); la dimensión ontológica referidas al conjunto de concepciones analógicas, inducidas y espontáneas de los estudiantes, así como a sus motivaciones en el campo de estudio; la dimensión cognitivo-lingüística referida a usos de lenguajes. Esta perspectiva en el estudio de los modelos mentales establece diferencias con otras referidas de manera específica a descripciones de naturaleza unidimensional (epistemológica) de los conceptos o fenómenos estudiados.

A manera de ilustración, un modelo mental de los ciclos día-noche desde la perspectiva clásica se refiere a la interacción entre conceptos como órbita, ciclo, sol, tierra, gravedad, espacio, tiempo, etcétera. Desde nuestra perspectiva multidimensional el Modelo Mental de ciclo día-noche, además de lo contemplado por la perspectiva clásica, incluye aspectos ontológicos, motivacionales, actitudinales, formas de razonamiento, usos de lenguajes, entre otros. En otras palabras, pensamos y actuamos con los modelos mentales que hemos construido a lo largo de nuestras vidas y no sólo a partir de lo aprendido en la escuela.

El estudio de los modelos mentales en la enseñanza de las ciencias, además de su intencionalidad descriptiva, propone el uso de modelos como estrategia de enseñanza y de aprendizaje, lo cual ha conducido a una fructífera línea de investigación denominada, en términos generales, enseñanza y aprendizaje basado en modelos (Clement and Rea-Ramirez, 2008, Nersessian 2008; Taber, 2013). En la actualidad la orientación básica en el estudio de los modelos mentales reside en comprender cómo los sujetos construyen y cambian esas representaciones, qué clases de procesos determinan su uso y cuáles son los procesos mentales que permiten su creación, lo cual implica reconocerlas, saber cómo están representadas en su mente, cómo son usadas por ellos para su razonamiento y cómo son empleadas en función del logro de aprendizajes profundos en sus estudiantes (Nersessian, 2008).

Esta línea tiene como propósito central lograr aprendizajes en profundidad en los estudiantes, determinar la validez de modelos expresados y lograr mejores comprensiones de los modelos históricos en los diferentes campos del saber a través de la enseñanza. El uso de los modelos con estos fines es una estrategia para la cualificación de la enseñanza de las ciencias, la cual podría potenciarse a través de la identificación de los obstáculos frente al aprendizaje como puente entre los modelos mentales y las actividades de enseñanza.

Por último, cabe destacar aportes desde una perspectiva semanticista en el estudio de los modelos y la modelización. Giere (1992) plantea que es posible usar cualquier lenguaje lo suficientemente rico para dar cuenta del contenido de cualquier ciencia. Una teoría, expresada como un conjunto de acciones en lenguaje formal, tiene un conjunto de estructuras que son modelos de esa teoría. No obstante,

los modelos son entidades no lingüísticas y pueden ser caracterizados, en sus diferentes dimensiones, de múltiples formas empleando lenguajes diferentes. Esto permite identificar la teoría no con una forma lingüística en particular, sino con un conjunto de modelos que pueden admitir diversas formulaciones lingüísticas y que incorporan y relacionan de manera diferenciada aspectos epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos.

## METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de casos con un grupo conformado por 37 estudiantes universitarios de segundo semestre de un programa de salud de una universidad colombiana. La modelización multidimensional, en las dimensiones epistemológica, ontológica y cognitivo-lingüística, se realizó antes y después de la aplicación de una unidad didáctica. Los instrumentos empleados fueron de respuesta abierta y los análisis realizados de naturaleza cualitativa. En la primera fase de la investigación se identificaron los modelos conceptuales sobre procesos inmunológicos, el grado de apropiación de estos conceptos y las relaciones establecidas entre ellos. Se indagó por conceptos como: inflamación, fagocitosis, inmunidad adquirida, inmunidad natural y receptores. Luego se realizó un análisis lingüístico en el que se determinó la causalidad del discurso, el uso especializado de términos y la exigencia conceptual y, por último se realizó un análisis ontológico, que nos permitió describir posibles experiencias que determinan sus respuestas. En la segunda fase de la investigación se realizaron los mismos análisis descritos en la fase uno, esta vez luego de la intervención didáctica.

Una vez recogida la información con los diferentes instrumentos, previamente validados por expertos, se identificaron las oraciones con sentido (en términos de Chomsky, 2004, oraciones nucleares) dadas por los estudiantes en el campo de la inmunología. Se elaboraron redes semánticas a partir de las cuales se caracterizaron los modelos mentales empleados por los estudiantes para dar cuenta de los modelos mentales de inmunidad antes y después de la intervención didáctica.

## RESULTADOS

Antes de la intervención didáctica identificamos tres modelos conceptuales: el clásico, el precientífico y el científico. El modelo precientífico está relacionado con el sistema inmune, resistencia adquirida y con el postulado de Tucídides. El modelo clásico con el sistema inmune como sistema que ataca o combate lo extraño. En el modelo científico se destacan las categorías: defensa, inmunidad innata, resistencia adquirida, transmisión y vacunación, empleadas con el recurso de una analogía de tipo militar en la que el sistema inmune ataca, batalla y combate los agentes extraños (López, Orrego y Tamayo, 2016). En este modelo se ubicaron el 90,4% de las oraciones nucleares (Chomsky, 2004) elaboradas por los estudiantes (López, et al., 2016). El 36% de las expresiones hacen referencia a concepciones analógicas, tales como: *P5.E32. "Porque [el sistema inmune no es capaz de batallar] los microorganismo y se produce la enfermedad, como también puede que este afectado el sistema inmune de la persona."*

El análisis cognitivo-lingüístico tuvo en cuenta tanto la estructura textual como el tipo de explicación dado por los estudiantes. *P2.E14. "1[Seguramente la rata tiene antígenos para combatir este virus], 2[lo cual hace que no tenga ninguna reacción en su cuerpo]. 3[Nosotros no tenemos las defensas necesarios para combatir este virus] 4[nos causa efecto en nuestro organismo]."* En el texto citado, el número de ideas es de 4, de las cuales, las tres primeras se relacionan y tratan de sustentar una idea central: la rata tiene antígenos específicos. Encontramos tendencia a escribir textos con coherencia lineal (Tamayo, 2011). En cuanto al análisis de conectores encontramos que el 78% de los textos analizados utilizan conectores de causa (ca), el 12% de condición (cd) y el 10% de consecuencia (co). En cuanto al número de variables (proposiciones explicativas) lo más característico fueron textos con 2 ó 3.

Después de la intervención didáctica, y siguiendo la misma estructura de análisis antes esbozada, identificamos dos modelos explicativos: el clásico y el científico. El modelo clásico está relacionado con el sistema inmune, como sistema que ataca o combate lo extraño (Orrego, Tamayo y Ruiz, 2016). Los principales obstáculos encontrados fueron: distanciamiento entre los conceptos aprendidos previamente y su aplicación en la explicación o comprensión de los fenómenos cotidianos; creer demasiado en el sentido común y dar poco valor al conocimiento científico estudiado; dificultad para usar el lenguaje especializado; tendencia a elaborar discursos causales. Esta alta causalidad está acompañada de un bajo número de variables en las explicaciones, lo que sugiere la elaboración de discursos con poco poder explicativo; dificultad para dar significado global a las explicaciones realizadas por los estudiantes, debido a la ausencia de proposiciones unificadoras en su discurso.

## CONCLUSIONES

El estudio de los modelos mentales de los estudiantes desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias tiene como propósito central conocer en detalle los procesos mediante los cuales los estudiantes construyen y reconstruyen su conocimiento. Para ello, proponemos su estudio desde una perspectiva multidimensional, en la cual se consideran aspectos de diferente naturaleza -epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos (Tamayo y Sanmartí, 2007). La modelización multidimensional permitió avanzar sobre las descripciones características de los estudios orientados por los marcos de las concepciones alternativas y de los modelos explicativos. Asimismo, permitió asumir en nuestros estudios una perspectiva evolutiva, es decir, pasamos de la descripción de los modelos de estudiantes y profesores a estudiar cómo cambian éstos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

## REFERENCIAS

- CHOMSKY, NOAM. (2004). *Estructuras sintácticas*. México. Siglo Veintiuno.
- CLEMENT, J. J. y REA-RAMÍREZ, M. A. (2008). *Model based learning and instruction in science*. Springer: USA.
- DI SESSA, A. (2013). A bird's-eye view of the "pieces" vs. "coherence" Controversy (from the "pieces" side of the fence). In: Vosniadou, S. (Ed.). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. (31-48). New York: Routledge.
- DUIT, R. y TREGUST, D. (2012). How can conceptual change contribute to theory and practice in science education? In: B. J. Fraser et al (Eds.). *Second International Handbook of Science Education*. (107-118).
- FURIÓ, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*, 7, 7-17.
- GIERE, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- GRECA, J. y MOREIRA, M. A. (1998). "Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo". *Enseñanza de las Ciencias*. 2(16), 289-303.
- LÓPEZ, A. M., ORREGO, C. M., y TAMAYO, O. E. (2016). ¿Cómo se construyen los modelos mentales?: el caso de la inmunidad en estudiantes universitarios. VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología ADBIA. Buenos Aires.
- MORTIMER, E. SCOTT, P., RIBEIRO, E. M. AND EL-HANI, C. (2014). Conceptual profiles: Theoretical-Methodological bases of a research program. In: E. F. Mortimer y C. N. El-Hani (Eds.). *Conceptual profiles. A theory of teaching and learning scientific concepts*. (3-33). Dordrecht : Springer.

- NERSESSIAN, N. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge: The MIT Press.
- (2013). Mental modeling in conceptual change. In: Vosniadou, S. (Ed.). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. (395-411). New York: Routledge.
- ORREGO, M., TAMAYO, O. E. y RUIZ, F. J. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.
- SINATRA, G. M. y PINTRICH, P. R. (2003). The role of intentions in conceptual change learning. In: *Intentional Conceptual Change*. Sinatra, G. M. y Pintrich, P. R. (Eds.). (1-18) New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- TABER, K. S. (2013). *Modelling learners and learning in science Education. Developing Representations of concepts, conceptual structure and conceptual change to inform teaching and research*. Dordrecht: Springer.
- TAMAYO, Ó. E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- TAMAYO, Ó. E. & SANMARTÍ, N. (2007). High-School Students' Conceptual Evolution of the Respiration Concept from the Perspective of Giere's Cognitive Science Model. *International Journal of Science Education*, 29( 2), 215-248.
- THAGARD, P. (2013). Conceptual Change in the history of science: life, Mind, and Disease. In: Vosniadou, S. (Ed.). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. (360-374). New York: Routledge.
- VOSNIADOU, S. & BREWER, W. (1992). Mental models of the earth: A study of the conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- VOSNIADOU, S (2013). Conceptual Change in learning and instruction: The framework theory approach. In: Vosniadou, S. (Ed.). *International Handbook of research on Conceptual Change*. (11-30). New York: Routledge.

