

Escuela CONGRIDEC

EL APRENDIZAJE DE MODELOS ATÓMICOS EN EDUCACIÓN SECUNDARIA A TRAVÉS DEL USO DE RECURSOS MULTIMODALES

Cinthia Noelia Perinez¹, Mabel Vega², Maricel Occelli³

1-Ayudante de clases prácticas. Escuela Secundaria Carlos Pellegrini. Santa Lucia, San Juan, Argentina.

2-Instituto de Ciencias Básicas. FFHA. UNSJ.

3-Grupo EDUCEVA-Ciencia TIC. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y Tecnología. FCFyN. UNC. CONICET.

E-mail: cinthiaqf08@gmail.com

Resumen. El presente trabajo se desarrolla como proyecto de Tesis de la Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Da a conocer la línea de investigación, la metodología, como así también los objetivos que serán utilizados en la tesis.

Palabras claves. Aprendizaje, modelos atómicos, multimodalidad, secuencia didáctica.

Learning atomic models in secondary education through the use of multimodal resources

Abstract. This paper is developed as a thesis project in the Master of Education in Experimental Sciences and Technology issued by the School of Exact, Physical and Natural Sciences of the National University of Córdoba. It provides an approach on the research, the methodology, as well as the objectives that will be stated in the thesis.

Key words. Learning, atomic models, multimodality, didactic sequence.

INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN

En el contexto del aula de ciencias el docente, los estudiantes y el contenido se relacionan en un gran contexto de complejidad, donde interaccionan prácticas no lingüísticas y el lenguaje que es el canal de comunicación entre ellos. Podemos afirmar en este sentido que el lenguaje adquiere gran importancia porque "es vehículo de construcción de significaciones comunicables y compartibles sólo cuando el aprendizaje mismo está cargado de significatividad" (Galagovsky, Bonan y Adúriz-Bravo, 1998). Pero este lenguaje muchas veces produce un vacío en el discurso y esto se debe a la brecha existente entre el lenguaje cotidiano (en sus aspectos sintácticos y semánticos) y el lenguaje científico eru-

dito (Galagovsky, Bonan y Adúriz-Bravo, 1998; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Este lenguaje erudito, que corresponde con el lenguaje de la ciencia de los científicos, debe sufrir modificaciones antes de llegar al aula teniendo en cuenta parámetros relevantes (Meinardi, Adúriz-Bravo, Morales y Bonan, 2002). Estas modificaciones que sufre el lenguaje erudito ayudan a que el alumno pueda comprender los conceptos científicos en el ámbito escolar y de esta manera surge la llamada ciencia escolar (Izquierdo, 1994; Izquierdo, 1999) o modelos teóricos escolares que se caracterizan por generarse a partir de los conocimientos eruditos (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003).

Otra cuestión a considerar es que la educación científica y tecnológica tiene lugar en contextos donde la información está cargada de representaciones. Por lo tanto, los docentes con frecuencia utilizan imágenes y prototipos para representar diversos aspectos técnicos en sus clases (Guevara y Valdez, 2004; Galagovsky y Bekerman, 2009). En relación a las imágenes como representaciones, Lowe (1997) sostiene que presentan un gran potencial como recurso de aprendizaje ya que no solo pueden utilizarse para su análisis, sino que también pueden modificarse.

En particular, para los procesos químicos una de las actividades de representación principal que debería realizar un estudiante es la construcción de modelos escolares que le permitan desarrollar un pensamiento sobre los fenómenos naturales, esto le permitirá al estudiante pensar en términos de átomos y moléculas para explicar los fenómenos químicos (Gómez Galindo, 2014).

La construcción de modelos no es un proceso sencillo, sino que requiere de varias características que Chamizo (2006) en uno de sus artículos los enuncia las ocho menos controversiales estas son:

- "Un modelo siempre está relacionado con un objeto, un sistema, o un proceso"
- "Un modelo es un instrumento para responder las preguntas de la ciencia"
- "Los modelos guardan ciertas analogías con el objeto, sistema, fenómeno o proceso que representan"
- "Los modelos se diferencian de los objetos, sistemas, o procesos que representan"
- "La construcción de un modelo es un compromiso entre las analogías y las diferencias que tienen con los objetos, sistemas, o procesos que representan"
- "Los modelos se desarrollan a través de un proceso iterativo en el cual la evidencia empírica permite revisar y modificar los presupuestos básicos de los mismos"

- “Un modelo es aceptado como conocimiento científico cuando ha sido publicado en una revista especializada”
- “Los modelos pueden ser: icónicos y conceptuales”

Más allá de estas ocho características menos controversiales, Acevedo Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez y Oliva-Martínez (2017) sostienen que los modelos y la modelización son muy importantes en los contextos científicos, dado que ayudan a la construcción de la ciencia moderna y son indispensables en las prácticas científicas.

En otras investigaciones (Giere, Magnani, Nersessian y Thagard, 1999; Ghisays, Villa y Elguedo, 2019) se afirma que los modelos son sumamente importantes para la ciencia dado que son entidades abstractas que remplazan aspectos del mundo que se desea enseñar y actúan para facilitar su comprensión. Es teniendo en cuenta esta afirmación que se clasifican los modelos en tres tipos los modelos explicativos, los modelos icónicos y los modelos icónicos explicativos.

- Los modelos explicativos según Ghisays, Villa y Elguedo (2019) son imaginaciones que utilizan los estudiantes para aportar nuevos términos teóricos e imágenes que le ayudan a expresar las visiones científicas del mundo. Según Ghisays y col. (2019) para poder este tipo de modelo explicativo es necesario que el docente genere una hipótesis que le permita al estudiante formularse preguntas e inquietar su pensamiento científico, “...en la búsqueda de analogías que describan, predigan y expliquen su similitud, relación o parecido con el fenómeno, o contexto de estudio...”. Estas actividades favorecerán el uso del lenguaje, que el estudiante comunique sus ideas en forma oral o escrita, que busque respuestas a preguntas como: ¿Cómo suceden determinadas situaciones científicas? ¿Por qué suceden?, etc.
- Los modelos icónicos según Carvajal (2002) se utilizan para representar secuencias de eventos en el tiempo teniendo en cuenta la argumentación y toma de decisiones. Es decir que estos modelos incluyen las partes y representaciones del modelo mental que desea representar. Este tipo de modelos incluyen imágenes visuales, como así también representar abstracciones y cualquier tipo de relaciones, en algunas situaciones se suelen combinar con elementos simbólicos.
- Los modelos icónicos explicativos apuntan a que los alumnos acompañen los dibujos que realizan con palabras, explicaciones, representaciones gráficas y utilicen un lenguaje apropiado (Ghisays et al., 2019). Gómez Galindo (2014) llama a este tipo de representaciones como multimodales donde se trabaja en forma coordinada diferentes tipos de modos semióticos “Se tra-

ta de que los alumnos acompañen sus dibujos con texto, o los expliquen, que utilicen gestos, gráficas y lenguaje matemático de forma coordinada". Sostiene también que la multimodalidad puede entenderse cuando los estudiantes van recurriendo a diferentes representaciones para explicar algún modelo. Usar diferentes modos semióticos favorece la construcción del modelo dado que va a ir enfatizando diferentes aspectos con cada uno (Gómez Galindo, 2014).

Tamayo Alzate, López Rúa y Orrego Cardozo (2017) afirman que hay que lograr que los estudiantes aprendan en profundidad, validen los modelos y logren mejorar la comprensión histórica de estos. La cual podría lograrse una vez identificados los obstáculos en su aprendizaje entre los modelos mentales y las actividades realizadas.

Estas características presentan un desafío para el docente, ya que debe tener muy claro que lo que se enseña son modelos y no realidades. Debe dejarse claro que en la actualidad el conocimiento químico es producido y comunicado a través de modelos (Chamizo, 2006).

Teniendo en cuenta lo enunciado por Chamizo (2006) y lo postulado por Guevara y Valdez (2004), podemos decir que la construcción de modelos químicos es muy compleja. Este proceso comienza con la interpretación de las características de los objetivos del modelo, sigue su contrastación y revisión para finalmente lograr que el uso que se le aplique al modelo responda al objetivo principal.

Se puede sostener que en la enseñanza y en el aprendizaje de la química se necesita de un lenguaje simbólico y de modelos analógicos, que son muy útiles para la comprensión de la materia en sí, pero pueden generar problemas para los estudiantes (Gómez Crespo, 1996). Gabel (1998) en sus estudios sostenía que una de las principales dificultades que poseen los estudiantes en la comprensión del complejo mundo de la química puede deberse a la difícil interpretación macroscópica y/o microscópica de los fenómenos químicos y la falta de relaciones entre estos dos niveles de interpretación de la materia.

Diferentes investigaciones en el área de las ciencias naturales se han orientado al desarrollo de estrategias que permitan abordar a las ciencias naturales considerando su naturaleza compleja a través de la multimodalidad. En este sentido, Gómez Galindo (2008) sostiene que: *"El uso coordinado de diversos modos semióticos o comunicativos ayuda a la construcción del modelo, ya que cada modo comunicativo enfatiza algunos aspectos del modelo: un diagrama, flujos y direcciones a través de flechas; una fórmula, proporciones; una maqueta, relaciones espaciales, etc..."*

En particular, comprender química no es una tarea sencilla, porque se

supone que docente y estudiantes deben llegar a compartir los significados científicos en un lenguaje químico y deben decodificar el mensaje utilizando los recursos que crean convenientes para ese proceso (Galagovsky, Bekerman, Di Giacomo y Alí, 2014).

Teniendo en cuenta todas las afirmaciones desarrolladas en los párrafos anteriores es que se pretende estudiar el diseño de una secuencia didáctica integradora de la química que buscará fomentar el desarrollo en la parte experimental, teórica y práctica; utilizando diversos recursos que permitan la construcción de modelos, identificación y posterior utilización.

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar el aprendizaje de modelos atómicos en estudiantes de tercer año de la educación secundaria a partir de secuencias didácticas de abordaje multimodal.

Objetivos Específicos

- Diseñar una secuencia didáctica de abordaje multimodal para el aprendizaje del concepto modelo atómico.
- Identificar el conocimiento que tienen los estudiantes acerca del concepto modelo atómico antes y después de la implementación de una secuencia con abordaje multimodal.
- Distinguir los tipos de modelos atómicos (explicativo, icónico, icónico-explicativo) que expresa el estudiantado antes y después de la implementación de una secuencia con abordaje multimodal.

METODOLOGÍA

La metodología a utilizarse en la tesis será cualitativa, "*...se considera que la investigación cualitativa es un vocablo comprensivo que se refiere a diferentes enfoques y orientaciones*" (Atkinson, Coffey y Delamont, 2001: 7 en Vasilachis, 2009 p.24). En particular, esta tesis desarrollará una investigación didáctica centrada en el diseño y evaluación de una secuencia didáctica.

La investigadora en esta problemática adoptará una metodología que ayude a mejorar la calidad de las prácticas en nivel secundario, como así también las estrategias para la enseñanza del concepto de modelo atómico con la implementación de una secuencia didáctica con abordaje multimodal. La investigadora analizará el contexto de la institución y las características del curso.

Este estudio que realizará la investigadora se denomina "estudio de di-

seño" dado que tiene como objetivo: "la producción de contribuciones teóricas, ya sea para precisar, extender, convalidar o modificar teoría existente o para generar nueva teoría" (Reigeluth y Frick, 1999). Algunos de los propósitos que permiten este tipo de estudio son: "[La investigación basada en diseño] nos ayuda a entender las relaciones entre la teoría educativa, el artefacto diseñado y la práctica. El diseño es central en los esfuerzos para mejorar el aprendizaje, crear conocimiento útil y avanzar en la construcción de teorías sobre el aprendizaje y la enseñanza en ambientes complejos" (Design-Based Research Collective, 2003, p. 5).

En este sentido es que la investigadora llevará adelante una "investigación de diseño", que reconoce la existencia de diferentes ramas de influencia que se entrelazan en las prácticas áulicas y que modifica la relación entre la enseñanza y el aprendizaje (Rinaudo y Donolo, 2010).

El estudio tendrá lugar en una zona urbana del departamento de Albaradón, la institución educativa recibe a alumnos de zonas urbanas como así también de zonas rurales cuenta con nivel secundario con orientación técnica, es por tan motivo que los estudiantes que se egresan se insertan en el ámbito laboral en la mayoría de los casos. Su historia es muy reciente dado que fue creada en los últimos años y se encuentra en un constante crecimiento tanto en lo estructural como en lo académico.

La investigadora procederá a realizar observaciones previas a la implementación de las estrategias didácticas, elaboradas para la enseñanza del concepto modelo atómico en tercer año, esta observación brindará una idea sobre los estudiantes, sus saberes previos, el contexto de la institución y cómo esto influye en la relación de las y los estudiantes con la docente y los procesos educativos que allí tienen lugar.

Se iniciará con un pretest interactivo con preguntas sobre modelos atómicos, modelación y el átomo, estas preguntas van a incluir diversos recursos multimodales. Los datos obtenidos del pretest nos darán una idea sobre las ideas previas de los alumnos sobre modelos atómicos.

Luego se procederá a la co-construcción de la secuencia didáctica con la docente del curso quien la implementará, esta secuencia será sometida a evaluaciones entre pares de docentes de química para valorar su posterior implementación.

La investigadora participará como observadora no participante y tomará registros fotográficos, grabará audios de las interacciones discursivas que tiene lugar entre las y los estudiantes y la docente, tomará notas de campo y documentará las producciones desarrolladas por el estudiantado.

Se finalizará con la aplicación del postest que luego se procederá a un análisis y triangulación de las diferentes fuentes de información ponien-

do en juego categorías teóricas y aquellas que surjan de las regularidades de los datos para dar respuesta a cada uno de los objetivos.

DISCUSIÓN

Este proyecto de tesis busca construir conocimiento que permita mejorar las propuestas didácticas orientadas a fomentar el aprendizaje de las ciencias naturales, específicamente en el área de la química, para el tema modelos atómicos.

Gómez Crespo, Pozo y Gutiérrez (2004) en uno de sus trabajos sostienen que el estudiante para aprender ciencias necesita hacer un cambio profundo que ayude a reorganizar sus conocimientos y representaciones cotidianas.

Dentro del área de química se observan problemas que se generan debido a diferentes factores, que suelen estar relacionados con los límites que tienen los estudiantes para explicar los fenómenos científicos (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991). Una de esas dificultades que presentan los estudiantes se debe a la falta de comprensión en la interpretación macroscópica y/o microscópica de los fenómenos químicos y en algunos casos a la relación entre estos niveles (Furió y Furió, 2000; Nakamatsu, 2012).

En la representación submicroscópicas se presenta la materia constituida por partículas invisibles como átomos y moléculas (Nakamatsu, 2012). Estas partículas son consideradas sistemas reales y son muy complejos para aprenderlos directamente; es por este motivo que son reemplazados por un modelo que es más sencillo de trabajar. Este modelo debe facilitar su visualización y su comprensión conceptual (Guevara y Valdez, 2004)

En general estas representaciones realizadas con modelos suelen generar confusión en los estudiantes ya que deben considerar diferentes representaciones para explicar diversas situaciones que incluyen partículas submicroscópicas (Galagovsky y col., 2014). Algunos ejemplos de temáticas que presentan este nivel de complejidad en sus representaciones escolares son el estado de agregación de la materia (que está basado en el modelo de Dalton), la explicación de la uniones químicas (basado en el modelo atómico de Bohr) (Molina Díaz, 2016).

Galagovsky y col. (2014) sostiene que "*hablar química*" es hacerlo desde los modelos y que en algunas disciplinas requiere de la utilización de varios modelos para un mismo concepto, como lo es, modelos atómicos. Afirma también en otro de sus artículos que esto se complica mucho más cuando los estudiantes no conocen la función que cumplen y el alcance de estos (Galagovsky, 2011). Dominar el lenguaje químico es un gran problema con el que se enfrentan los estudiantes porque deben

manejar una serie de símbolos, formulas y nomenclatura universal (De Luca, Pappalardo, Constantino y Moreno, 2015).

Lemke (1998) afirma que los conceptos científicos requieren de varios modos, entre ellos: verbales, visuales, matemáticos y accionales, y que cada uno de ellos es un canal por el cual se emite información que posibilita al estudiante la construcción de significados. Esta visión que requiere de diferentes modos semióticos, fue titulada como visión multimodal de la comunicación científica (Kress, Ogborn, Martins, 1998). En este sentido, un aspecto que caracteriza al conocimiento científico es su naturaleza multimodal (Márquez, Izquierdo y Espinet, 2003).

Teniendo en cuenta las afirmaciones anteriores, podemos mencionar que la enseñanza de los modelos atómicos exige el diseño de secuencias didácticas que integren múltiples modalidades de representación (Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis, 2001; Capuano y col., 2007; Gómez Galindo, Sanmartí y Pujol, 2007; Gómez Galindo, 2008; Gladic Miralles y Cautín-Epifani, 2016). Una manera de enseñar química de modo multimodal es a través de secuencias didácticas con actividades que vinculen imágenes, simulaciones, lectura y representaciones gráficas. Entendemos a las secuencias didácticas en función de la propuesta de Díaz Barriga (2013), es decir como un diseño en el que se parte de una pregunta principal, que busca generar interés en los estudiantes y movilizar sus ideas previas para centrar la atención en el tema que se quiere abordar. Las secuencias didácticas plantean al docente como guía y orientador y posiciona al estudiante como generador de su conocimiento. Así, se pretende que los estudiantes logren involucrarse de forma activa en el proceso de aprendizaje, y construyan un pensamiento científico.

En función de lo expuesto, se pretende desarrollar una tesis a partir del diseño de una secuencia didáctica con recursos multimodales para la enseñanza de modelos atómicos de la materia que responda al siguiente interrogante:

¿La implementación de una secuencia didáctica con abordaje multimodal favorece el aprendizaje de modelos atómicos?

Implicaciones

Con el desarrollo de la tesis desde el marco teórico y metodológico se pretende generar un cambio en el aprendizaje del concepto modelo atómico en alumnos de tercer año de la educación secundaria, este cambio se logrará con la implementación de una secuencia didáctica con abordaje multimodal.

Se espera que la secuencia didáctica con abordaje multimodal tenga gran aceptación en los estudiantes, dado que tendrá varias actividades interactivas. Se pretende que el estudiante sea responsable y tenga una

mejoría en el aprendizaje del concepto modelo atómico de la materia.

Se pretende también que esta investigación se convierta en la apertura de nuevas investigaciones en didáctica de las ciencias que ayuden al aprendizaje de modelos en el área de las ciencias naturales con abordajes multimodales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Díaz, J. A, García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M., y Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30(3), 155-166.
- Atkinson, P., Coffey, A. y Delamont, S. (1999). "Ethnography. Post, Past, and Present". *Journal of Contemporary Ethnography*, 28(5), 460-471.
- Caamaño, A. y Oñorbe, A. (2004). La enseñanza de la química: Conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique*, 41, 68-81.
- Capuano, V., Dima, G., Botta, I., Follari, B., de la Fuente, A., Gutiérrez, E. y Perrotta, M. (2007). Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8º EGB. *Revista Iberoamericana de Educación*, 44(2).
- Carvajal, A. (2002). Enseñar a escribir críticamente en la educación superior: un análisis hermenéutico temático desde los modelos mentales. *Boletín virtual – agosto*, 6-8.
- Chamizo, J. (2006). Los modelos de la Química. *Educación Química*, 17(4) 476-482.
- De Luca, J., Pappalardo, P., Constantino, G., Moreno, R. (2015). Análisis de las dificultades de alumnos de primer año del ISFD 95 en el aprendizaje de conceptos químicos. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Díaz-Barriga, A. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química* 11(3), 300-308.

- Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. En B. Fraser y K. Tobin (ed.) *International Handbook of Science Education*. Londres: Kluwer.
- Galagovsky, L. (2011). (Coord.). *Didáctica de las ciencias naturales: el caso de los modelos científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Galagovsky, L., Bekerman, D., Di Giacomo, M. y Alí, S. (2014). Algunas reflexiones sobre la distancia entre "hablar química" y "comprender química". *Ciencia y Educação*, 20(4), 785-799.
- Galagovsky, L. y Bekerman, D. (2009). La química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- Galagovsky, L., Bonán, L. y Adúriz Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 315-321.
- Giere, R., Magnani, L., Nersessian, N. y Thagard, P. (1999). Using Models to Represent Reality. *Journal Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, 41-57. Boston: Springer.
- Ghisays, I., Villa, M. y Elguedo, Y. (2019). *La indagación como actividad científica escolar para promover modelos del concepto de ósmosis en estudiantes de séptimo grado. Trabajo de investigación para optar el título de Magíster en Educación*. Universidad del Norte, Maestría en educación. Barranquilla - Atlántico
- Gladic Miralles, J. y Cautín-Epifani, V. (2016). Una mirada a los modelos multimodales de comprensión y aprendizaje a partir del texto. *Literatura y Lingüística*, 34, 357-379.
- Gómez Crespo, M. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique*, 7, 37-44.
- Gómez Crespo, M.; Pozo, J. y Gutiérrez Julián, M. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198-209.
- Gómez Galindo, A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 83-99.

- Gómez Galindo, A. (2014). El uso de representaciones multimodales y la evolución de los modelos escolares. En: Merino, C., Arellano, M. y Adúriz-Bravo, A. (eds.). *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes*, 51-61. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Gómez Galindo, A., Sanmartí, N. y Pujol, R. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 25(3), 325-340.
- Guevara, M. y Valdez, R. (2004). Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. *Educación Química*, 15(3) 243-247.
- Izquierdo, M. (1994). Las Ciencias de la Naturaleza en la E.S.O. ¿Un área común o disciplinas distintas? *Infancia y Aprendizaje*, 65, 31-34.
- Izquierdo, M. (1999). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 3-4.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science y Education*, 12(1), 27-43.
- Kress, G., Ogborn, J. y Martins, I. (1998). A Satellite View of Language: Some Lessons from Science Classrooms. Language Awareness, Special Issue: *Metacomunication in Instructional Settings*, 7(2, 3), 69-89.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. y Tsatsarelis, C.H. (2001). *Multimodal Teaching and Learning. The Rhetorics of the Science Classroom*. Londres: Continuum.
- Lemke, J. L. (1998). Metamedia literacy: Transforming meanings and media. En: D. Reinking, M. McKenna, L. D. Labbo, y R. Kieffer (Eds.). *Handbook of literacy and technology: Transformations in a posttypographic world* (pp. 283-302). Disponible en línea: <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/reinking.htm> (3/4/16).
- Lowe, R. K. (1997). How much are pictures worth? *Faculty of Education, Curtin University of Technology*. UniServe Workshop Proceedings, pp. 20-24.
- Márquez, C., Izquierdo, M. y Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 371-386.

- Meinardi, E., Adúriz-Bravo, A., Morales, L. y Bonan, L. (2002). El modelo de ciencia escolar. una propuesta de la didáctica de las ciencias naturales para articular la normativa educacional y la realidad del aula. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(1), 13-21.
- Molina Díaz, C. (2016). *La modelación una competencia para la enseñanza y aprendizaje de los modelos atómicos en los estudiantes de grado séptimo*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Manizales, Colombia.
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la Química. *En Blanco y Negro*, 3(2), 38-46.
- Pozo, J., Gómez Crespo, M., Limón, M. y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Servicio Publicaciones MEC.
- Rinaudo, M. y Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 22, 1-29.
- Reigeluth, Ch.M. y Frick, T.W. (1999). Investigación formativa: una metodología para crear y mejorar teorías de diseño. En C. M. Reigeluth (Ed.) *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción* (Parte II, 181-100). Madrid: Aula XXI. Santillana.
- Tamayo Alzate, O., López Rúa, A. y Orrego Cardozo, M. (2017). Modelización multidimensional en la didáctica de las ciencias. Una aplicación en la enseñanza y aprendizaje de la inmunología. X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, n. ° extraordinario, 4313-4317.
- Vasilachis de Gialdino, I. (2009). *Estrategias de investigación cualitativa*. Barcelona: Gedisa Editorial.