
LA PERSPECTIVA ONTOLÓGICA EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA Y EL CONOCIMIENTO PROFESIONAL DEL PROFESOR: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Autores. Daniel Alexander Rubiano Arévalo. Tesista Doctorado Interinstitucional en Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, daarubianoaa@correo-udistrital.edu.co; Carmen Alicia Martínez Rivera. Profesora Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. camartinezr@udistrital.edu.co.

Tema. Eje temático 5.

Modalidad. 1. Nivel educativo: Educación básica secundaria y media.

Resumen. En esta revisión se indagó sobre publicaciones que hacen alusión a la dimensión ontológica en la enseñanza de la química, con la finalidad de establecer una aproximación a las características y particularidades sobre estas investigaciones, como insumo del proyecto de tesis doctoral que se adelanta. Se buscaron publicaciones existentes en bases de datos de consulta habitual y las palabras clave ontología y enseñanza de la química. Se encontraron en total 26 publicaciones, de las cuales 11 establecen relación con la dimensión ontológica de forma implícita y 15 de forma explícita, hallando un aumento en el interés investigativo por la dimensión ontológica desde inicios de la década del 2000, que, por lo general, se enfoca en los contenidos de la química escolar y sus descripciones de mundo.

Palabras claves. Enseñanza de la química, conocimiento profesional del profesor, ontología de la química, estudio bibliométrico.

Introducción

El conocimiento profesional del profesor de ciencias es reconocido desde hace unas décadas como un conocimiento epistemológicamente diferenciado del conocimiento científico y otros tipos de conocimientos, debido a que posee una racionalidad específica y experiencias propias, diferentes a las de las ciencias naturales (Porlán, 1998; Martínez, 2017). Además de esto, es posible caracterizar este constructo complejo como un conocimiento de los profesores que es integrador de otros conocimientos y que no se basa solo en el conocimiento disciplinar de las ciencias naturales, en este caso de la química, como así lo señala Martínez, “construimos mundos y realidades particulares, diferentes al mundo de la química, de la biología, etc.” (Martínez, 2017, pp. 114)

Por lo tanto, identificar características de mundo del conocimiento profesional del profesor de química, permite adentrarse en preguntas sobre la dimensión ontológica en las tendencias investigativas actuales de la enseñanza de la química, por lo que se realizó una revisión inicial en bases de datos relevantes. En las publicaciones encontradas se centra el análisis en la relación indirecta o implícita, y la relación directa o explícita que hay sobre la visión de mundo o posibles ontologías que puedan ser contempladas como objeto de estudio en el conocimiento profesional del profesor de química, cuyos resultados se presentan en este escrito.

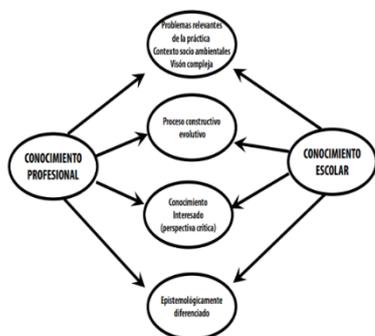
Todo esto, permite entender características del problema de investigación en configuración y como insumo de la tesis doctoral que se adelanta “El Conocimiento Profesional del Profesor de Química sobre el Conocimiento Escolar acerca de la “entidad” agua: una mirada desde la dimensión ontológica en dos estudios de caso con profesores de colegios distritales de Bogotá”, proyecto que busca relaciones entre el Conocimiento profesional del profesor sobre el Conocimiento Escolar de la química al respecto de la entidad agua, centrado en la dimensión ontológica.

Referente teórico

Durante algunas décadas atrás se ha considerado que el conocimiento profesional del profesor es un conocimiento complejo que no tiene un único referente, como, por ejemplo, el referente conocimiento científico, la formación pedagógica y didáctica, la experiencia profesional etc. Es decir que, preferiblemente el conocimiento profesional del profesor es un constructo complejo que relaciona otros conocimientos en la búsqueda de la construcción de un conocimiento genuino. Además, el conocimiento profesional del profesor de ciencias es, en términos de Martínez y Jirón (2014), un conocimiento particular que se identifica por ser: práctico, integrador, profesionalizado, evolutivo y procesual que reconoce la complejidad y singularidad de la escuela.

Desde esta particularidad, que implica complejidad, diversidad y pluralidad de los conocimientos, se puede afirmar que el Conocimiento Escolar también es una construcción propia del entorno educativo particular, el cual es epistemológicamente diferenciado del conocimiento profesional del profesor y es diferenciado de otros conocimientos como el conocimiento científico (García Díaz, 1998; Martínez, 2000). Martínez (2016), argumenta que existen diferentes fuentes y criterios de selección, criterios de validez y referentes epistemológicos del conocimiento escolar, en los cuales resulta determinante el papel de la cultura y rasgos propios que comportan diferentes concepciones de los fenómenos del mundo. En la figura 1, se muestra una aproximación de la configuración ontológica del Conocimiento Profesional del Profesor y del Conocimiento Escolar, propuesta por Martínez (2017).

Figura 1. CPP y CE como conocimientos particulares y complejos.



Fuente. Martínez (2017), pp. 131.

En consecuencia, reconocer esta complejidad epistemológica y posiblemente metodológica del Conocimiento Profesional del Profesor y el Conocimiento Escolar, puede sugerir plantearse preguntas sobre la dimensión ontológica, no solo sobre el estatus de estos constructos, sino también sobre las visiones y representaciones entorno a las entidades que caracterizan la ontología de las disciplinas escolares.

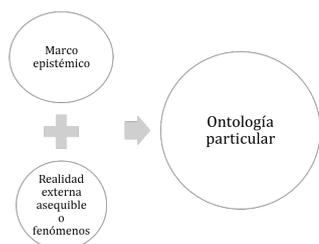
Estas perspectivas encuadran de manera muy conveniente con los preceptos del realismo pluralista y las ontologías múltiples (Lombardi y Pérez-Ranzans, 2011; Rubiano-Arévalo, 2017), de los cuales se admite la idea de que una pluralidad epistemológica es síntoma de una pluralidad ontológica, dado a que este tipo de realismo se basa en las raíces kantianas del conocimiento a partir de la inseparable dualidad razón-experiencia. Esto implica que las cosas, los fenómenos del

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

mundo (las-cosas-para-nosotros) son producto de la síntesis entre marcos conceptuales, las prácticas y la racionalidad que estos comprenden y la interacción con la realidad externa, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Izquierda Modelo síntesis de ontologías basado Lombardi y Pérez-Ranzans (2011).



Fuente. Elaboración propia.

A partir de esto anterior se puede afirmar, como condición de posibilidad, que estos constructos complejos no tienen una única, acabada y legítima estructuración ontológica en el contenido químico, sino en otras perspectivas, aproximaciones, niveles y dimensiones insertas en los referentes epistemológicos, los criterios de validez, fuentes y criterios de selección de contenidos, incluso otras dimensiones que son parte de estos conocimientos complejos dependientes de aproximaciones contextuales, lo algorítmico, lo técnico, el tiempo, la energía y el espacio, lo histórico, las finalidades, intereses propios del profesor, las creencias.

Estas perspectivas motivan entonces lo que en el siguiente apartado se describirá para alcanzar el sucinto problema de investigación de este trabajo, y que como se ha mencionado, es insumo de la tesis doctoral que se adelanta en el contexto latinoamericano, específicamente en Bogotá, Colombia. Por ende, este problema se puede resumir en la siguiente pregunta: ¿Qué características tienen las publicaciones investigativas encontradas en la búsqueda y análisis bibliométrico en relación con la dimensión ontológica de la enseñanza de la química? Todo esto en dirección de entender y develar aspectos ontológicos en el conocimiento profesional del profesor y particularmente del profesor de química.

Metodología

Se realizó una revisión en las siguientes bases de datos: ERIC, Web of Science, Springer Link; Dialnet, Scielo, EBSCO, OEI. Para la revisión bibliométrica y análisis de contenido de las publicaciones, se emplearon siempre las palabras clave-categorías Ontología (O), Enseñanza de la Química (EQ). Estas palabras clave se integraron en un “término clave” dando origen a una categoría llamada Ontología en la Enseñanza de la Química (OEQ), la cual se operacionalizó con los operadores booleanos AND, OR y XOR como se muestra en la tabla 1. Se definió una ventana de observación sin límite inferior y hasta 2020, debido a la cantidad reducida de publicaciones sobre este tema, y todo esto, acordé con la información disponible en cada base de datos consultadas en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas hasta 2019 y ampliada hasta 2020 con la ayuda de las bases de datos de The University of Arizona.

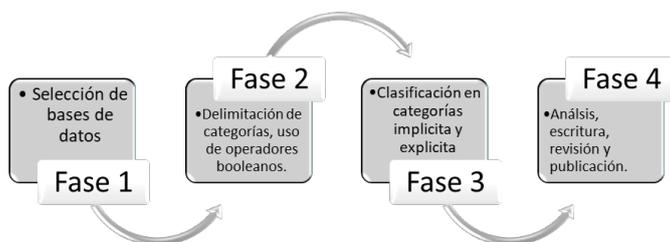
Tabla 1. Operacionalización de palabras clave con operadores Boléanos, y obtención de “término clave”.

Palabra clave	Operador	Palabra clave
Ontología (O)	AND	Enseñanza de la química (EQ)
Ontología (O)	OR	Enseñanza de la química (EQ)
Ontología (O)	XOR	Enseñanza de la química (EQ)

Los artículos seleccionados fueron clasificados en dos grupos, el primero corresponde a publicaciones que retoman de forma *explícita* dentro de sus referentes, o de una forma relativa a su problema central de investigación, la dimensión ontológica en relación en la enseñanza de la química. El segundo grupo corresponde a publicaciones que lo hacen de manera *implícita*, pues en ningún momento de la publicación mencionan la dimensión ontológica en términos como ontología, ontológico, mundo, entidades, etc. Por último, se analizó el contenido de estas publicaciones observando visiones de mundo que gobiernan las explicaciones científicas en química que tienen los docentes e investigadores. Es decir, ampliando los datos bibliométricos a un análisis, aunque inicial, del contenido sobre las perspectivas ontológicas en la enseñanza de la química de estas publicaciones.

En la figura 3, muestran de manera secuencial las fases de la metodología anteriormente mencionada.

Figura 3. Esquema metodológico de revisión bibliométrica de publicaciones relacionadas con OEQ y CPP.



Resultados y discusión

En esta categoría se encontró un total de 26 publicaciones. De forma *implícita* se encontraron publicaciones 11 y de forma *explícita* 15.

Los años de publicación en los que fueron realizadas las publicaciones muestran que hay un interés creciente desde el año 2001 por abordar la dimensión ontológica (forma *explícita*), mientras que en 2009 se encuentra una mayor frecuencia de publicaciones como se muestra en la tabla 2, debido a que muchas de estas pertenecen al *handbook Models and Modeling in Science Education* editado por John Gilbert y David Treagust.

Tabla 2. Años de las publicaciones encontradas hasta 2020 en las bases de datos empleadas según se aborde de forma *explícita* o *implícita* la dimensión ontológica en la enseñanza de la química

Tipo de publicación	Forma explícita	Forma implícita
Años	2001; 2003; 2004; 2009; 2012; 2013; 2013; 2014; 2014; 2014; 2015; 2015; 2016; 2016; 2020	1991 1999; 2009; 2009; 2009; 2009; 2009; 2009; 2011; 2015; 2018

Algunos ejemplos de las publicaciones que tratan problemas explícitamente relativos a esta categoría son: Nash (2004), Chwee, Tan, Goh, Chia, y Treagust (2009), Tan (2012), Taber (2013), Thagard (2014), Merino y Quiroz (2015), Özalp y Kahveci (2015), Merino, Spinelli, Morales y Quiroz. (2016), Tümay (2016), Picón, Sevian, y Mortimer (2020). Por lo general, estas publicaciones se centran en la enseñanza o aprendizaje de un concepto particular de la química. Como también algunas se extienden a abordar posturas reflexivas frente a lo ontológico en la enseñanza de las ciencias y su papel en la escuela.

Como algunos ejemplos a resaltar en esta forma *explícita*, y que abordan lo ontológico en la enseñanza de la química, Nash (2004), realiza un análisis frente al realismo científico en el currículo escolar, revisando las ideas de Bourdieu y Bernstein sobre el realismo ontológico. Tan (2012), pregunta por la posibilidad de incluir la multiculturalidad en contextos de enseñanza de la química desde el enfoque NOS desde la pregunta “¿[en el aula de clases] Son entonces los principios ontológicos y las virtudes epistémicas los mismos que tenemos hoy?” (Tan, 2012, pp. 654). Picón, Sevian, y Mortimer (2020), analizan 6 perfiles conceptuales alrededor del concepto de sustancia química, lo que permite [aseguran los autores] mediar las tensión y dificultades de aprendizaje debido al conocimiento común e ideas canónicas para mediar también estas como diferentes formas de conceptualizar el mundo.

En las publicaciones de forma *implícita*, se tienen los trabajos de Johnstone (1991), Jensen (1998), Cheng y Gilbert (2009), Treagust y Chandrasegaran (2009), Talanquer (2011), Musa (2015) y Joki y Aksela (2018). Algunos de estos trabajos muestran que mucho trabajo se ha realizado sobre el triplete macro, submicro y simbólico de la enseñanza y el aprendizaje de la química como en Johnstone (1991). Por esta misma perspectiva, el trabajo de Jensen (1998), donde ahora amplía y re-denomina el triplete triángulo de Johnstone a otros niveles como molar, molecular y eléctrico, incluyendo dimensiones como composición y estructura, energía y una posible cuarta dimensión que es el aspecto espacial de las reacciones químicas. Más adelante, Treagust y Gilbert (2009), reconocen como la posibilidad de otras formas de representaciones y aproximaciones a los diferentes niveles del pensamiento químico en la enseñanza de la química, renombrando el triplete como “triángulo o triplete de relaciones”. De lo que los autores como Bucat y Mocerino (2009), Cheng y Gilbert (2009), Taber (2009), Tsapalis (2009), Chwee Tan, Goh, Chia y Treagust (2009), Treagust y Chandrasegaran (2009) Gilbert y Treagust (2009) realizan un Handbook con que apuntan a los tres siguientes objetivos principales: analizar y abordar los desafíos enfrentados en la enseñanza y el aprendizaje sobre el triplete químico, mejorar la pedagogía existente respecto a la relación triplete y soluciones en el aula a los desafíos planteados por la relación triplete. En Talanquer (2011) el triplete inicial de Johnstone, es ahora es un espacio complejo (se asume acá como una apuesta ontológica de complejidad), y se asume como la posibilidad de ontologías múltiples y particulares propias del conocimiento profesional del profesor de química sobre el conocimiento escolar de la química, por la amplitud de aproximaciones (*approaches*) desde lo histórico, conceptual, matemático y algorítmico, y, sobre todo, lo contextual.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

En este recorrido, pareciese que hay predominancia por el conocimiento científico químico en las ontologías que describe este. Por lo tanto, se evidencia preocupación por las características de los conocimientos científicos de la química de los estudiantes: previos o iniciales y los que desarrollan. Es decir, conocimientos que, para muchos investigadores, como, por ejemplo, Bucat y Mocerino (2009), Tsaparlis (2009), Merino y Quiroz (2015), son caracterizados como misconceptions por los investigadores y/o profesores, y que deben ser adecuados y válidos desde el contexto científico de la química. Aspecto que también sucede desde las perspectivas del triplete y en un sentido implícito, se puede notar también la preocupación de entender mejor las ideas de los estudiantes frente a las entidades que gobiernan la enseñanza de la química desde los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, que configuran una forma de caracterizar el mundo de la química escolar que es parte fundamental del conocimiento profesional del profesor de química.

Conclusiones

En este breve recorrido por la dimensión ontológica en la enseñanza de la química, como aspecto fundamental del conocimiento profesional del profesor, debe atenderse a la pregunta planteada en el apartado introductorio y de referentes teóricos, sobre las características que tienen las publicaciones investigativas encontradas en la búsqueda y análisis bibliométrico en relación con la dimensión ontológica de la enseñanza de la química. Por lo que se puede concluir que la dimensión ontológica en la enseñanza de la química ha tenido un incremento en su estudio desde el año 2001 en las bases de datos consultadas; bases de datos que son reconocidas a nivel internacional y que son abarcadoras en cuanto a publicaciones de revistas de alto impacto investigativo. Pues muchos autores mencionan y cuestionan particularidades ontológicas en la enseñanza de la química, pero desde la perspectiva de adecuar ideas, conceptos y descripciones de fenómenos químicos y sus entidades al conocimiento químico, sin reconocer que estas entidades pueden contener descripciones y naturalezas emergentes de la interrelación del contexto escolar, más allá de solo el contenido.

Ahora, por el lado de las publicaciones de tipo implícito, mucho trabajo se ha realizado sobre las dimensiones macro y submicro, donde aparece el triplete químico en Johnstone (1991). A partir de buenos intentos de ampliación, redefinición y caracterización de la idea del triplete, como en Treagust y Gilbert (2009) y Talanquer (2011), se han identificado otras comprensiones de estas dimensiones, que para esta investigación denotan una importante fuente de partida en el estudio de la pregunta mencionada y otras preguntas asociadas planteadas en el escrito sobre la dimensión ontológica del conocimiento profesional del profesor. En otras palabras, se considera que pueden surgir otras comprensiones más amplias de la dimensión ontológica del conocimiento profesional del profesor química desde una perspectiva pluralista (o multipluralista y complejidad), que encuadra con los preceptos del pluralismo ontológico que permite legitimar el mundo de la química escolar, la realidad y la existencia de entidades particulares y diferenciadas de la química de los científicos. No obstante, así como en el caso de las publicaciones de tipo explícito, se puede encontrar que la mayoría de las publicaciones sobre el triplete, están preocupadas por adecuar ideas erróneas al conocimiento científico, mejorando la enseñanza y el aprendizaje, y colocando esta acción como indispensable y central en el conocimiento del profesor.

Sin embargo, y como lo permitiría esta posible pluralidad ontológica, podría pensarse en que el aula de clase y el ambiente escolar del que relatan las publicaciones, también están influenciadas por el contexto, las finalidades, y referentes epistemológicos, más allá de meramente los contenidos, dando así una sintomatología de complejidad integrada por entidades diferenciadas de las descripciones provenientes de la ciencia y de la química en particular. Por

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

lo tanto, el único referente epistemológico y ontológico (aunque de mucha relevancia) no fuese solo el asociado a los contenidos sobre el conocimiento científico de la química, y mucho menos desde una perspectiva enciclopédica, instruccional y simplificada, y más bien referentes que responden a miradas y formas de mundo no trascendentales y no terminadas por el conocimiento científico químico, reconociendo y particularizando otros mundos y conocimientos propios del contexto escolar y finalidades en el que se llevaron a cabo estas investigaciones.

Resulta muy coherente esto con la perspectiva de Picón, Sevian, y Mortimer (2020) de perfiles conceptuales, por la apertura a la condición de posibilidad de existencia de múltiples ontologías de la química escolar, particulares y complejas, lo que permite pensar en una pluralidad de ontologías en la enseñanza y el aprendizaje y pueda significar híbridos (Lombardi y Martínez, 2012 y Rubiano-Arévalo, 2017) en las ontologías del conocimiento químico y el conocimiento profesional del profesor sobre el conocimiento escolar en química. A pesar de esto, el trabajo en perfiles conceptuales de la química pareciera perseguir la idea de que estos perfiles se asumen como referente central la química, sin analizar esa “hibridación” ontológica que pueden haber sufrido ya y estar sufriendo dichas entidades. Es preciso entonces preguntar ¿el conocimiento profesional del profesor para la enseñanza de la química escolar puede ser plural, múltiple y/o complejo? ¿qué se podrá decir a este respecto sobre las entidades existentes que los conforman? ¿qué características se pueden identificar de esta relación en el contexto latinoamericano y particularmente del conocimiento de los profesores de química en Colombia?

Referencias bibliográficas

- Bucat, B. y Mocerino, M. (2009). Learning at the Sub-micro-Level: Structural Representations. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Library of Congress Control Number. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.
- Cheng, M. y Gilbert, J. (2009). Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Library of Congress Control Number. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.
- Chia-Ju, L., I-Lin, H., Houn-Lin, C. y Treagust, D. (2014). An Exploration of Secondary Students' Mental States When Learning About Acids and Bases. *Sci Educ*, (44),133–154
- Chwee, K. Tan, D., Goh, N., Chia, L., y Treagust, D. (2009). Linking the Macroscopic, Sub-microscopic and Symbolic Levels: The Case of Inorganic Qualitative Analysis. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Library of Congress Control Number. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.
- García, E. (1998). Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares. Serie Fundamentos, Colección Investigación y Enseñanza, 8. Sevilla: Diada.
- Gilbert, J. y Treagust, D. (2009). Towards a Coherent Model for Macro, Submicro and Symbolic Representations in Chemical Education. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Library of Congress Control Number. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

- Jensen, W. (1998). Does chemistry have a logical structure? *Chemical Education Today. Journal of Chemical Education*, 75 (6), 679-687.
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, (7), 75-83.
- Joki, J and Aksela, M. (2018). The challenges of learning and teaching chemical bonding at different school levels using electrostatic interactions instead of the octet rule as a teaching model. *Chemistry Education Research and Practice*, DOI: 10.1039/c8rp00110c
- Lombardi, O. y Pérez, R. A (2011). Los múltiples mundos de la ciencia. ISBN: 978-607-03-0407-1. México.
- Lombardi, O. & Martínez, J. (2012). Entre mecánica cuántica y estructuras químicas: ¿a qué refiere la química cuántica? *Comscientiæ zudia*, São Paulo, v. 10(4), 649-70.
- Martínez, C. (2001). Las propuestas curriculares de los profesores sobre el conocimiento escolar dos estudios de caso en el área de conocimiento del medio. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, España.
- Martínez, C y Jirón, P. (2014). La investigación sobre el conocimiento profesional de los profesores de primaria en ciencias y el conocimiento escolar: una revisión (parte II). *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número Extraordinario. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, Bogotá, Colombia.
- Martínez, C. (2016). El conocimiento profesional del profesor (a) de ciencias sobre el conocimiento escolar: dos estudios de caso, en aulas vivas y aulas hospitalarias del Distrito Capital del Bogotá. Fondo de Publicaciones U. Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. ISBN: 978-958-8972-29-9.
- Martínez, C. (2017). Ser maestro de ciencias: Productor de conocimiento profesional y conocimiento escolar. Fondo de Publicaciones U. Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. ISBN: 978-958-5434-41-7.
- Merino, C. y Quiroz, W. (2015). Natural laws and ontological reflections: the textual and didactic implications of the presentation of Boyle's law in general chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, (16), 447-459.
- Musa, U. (2015). Constructing models in teaching of chemical bonds: Ionic bond, covalent bond, double and triple bonds, hydrogen bond and molecular geometry. *Educational Research and Review*, 10(4), 491-500.
- Merino, C., Spinelli, M., Morales, C. y Quiroz, W. (2016). Realist ontology and natural processes: a semantic tool to analyze the presentation of the osmosis concept in science texts. *hem. Educ. Res. Pract.*, (17), 646-655.
- Nash (2004). Can the arbitrary and the necessary be reconciled? Scientific realism and the school curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 36 (5), 605-623.
- Özalp, D. y Kahveci, A. (2015). Diagnostic assessment of student misconceptions about the particulate nature of matter from ontological perspective. *Chem. Educ. Res. Pract.*, (16), 619-639.
- Picón, R., Sevian, H. y Mortimer, E. (2020). Conceptual Profile of Substance Representing Heterogeneity of Thinking in Chemistry Classrooms. *Science & Education*, (29), 1317-1360.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

- Porlán Ariza, R., Rivero García, A. Y Martín Del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza De Las Ciencias*, 16 (2), 271-288.
- Rubiano, D. (2017). La concepción estructural del enlace químico. Aportes la didáctica de la química. Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 2(33), 179–195.
- Tan, M. (2012). Multicultural chemistry and the nature of science: but what about knowledge? *Cult Stud of Sci Educ*, (7), 653–657.
- Taber, K. (2009) Learning at the Symbolic Level. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Library of Congress Control Number. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.
- Taber, K (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, (14), 156-168. Constitutive Pluralism of Chemistry: Thought Planning, Curriculum, Epistemological and Didactic Orientations. *Sci & Educ*, (22),1809–1837.
- Tsaparlis (2009). Learning at the Macro Level: The Role of Practical Work. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Library of Congress Control Number. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.
- Treagust y Chandrasegaran (2009). The Efficacy of an Alternative Instructional Programme Designed to Enhance Secondary Students' Competence in the Triplet Relationship. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.
- Thagard, P. (2014). Explanatory Identities and Conceptual Change. *Sci & Educ* (23), 1531–1548.
- Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: Emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Models and Modeling in Science Education. Multiple Representations in Chemical Education*. Library of Congress Control Number. Springer Science+Business Media B.V e-ISBN: 978-1-4020-8872-8. DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8.