

*Conceptual change in learning of chemistry: A review of the literature**

Pp. 124 - 147

Valentina Cadavid-Álzate
Rubén Darío Lara-Escobar

Valentina Cadavid-Álzate**
Rubén Darío Lara-Escobar***

julio-diciembre / 21

tesis psicológica Vol. 16 - N°2
ISSN-L 1909-8391 | E-ISSN 2422-0460

124

- * Artículo derivado del proyecto de investigación “Lenguaje gestual y la construcción de significados a nivel representacional en química orgánica” Código: 0297118. Grupo Cognición y Educación. Universidad de Caldas. Universidad Autónoma de Manizales.
- ** Licenciada en Biología y Química - Universidad de Caldas. Magister en Enseñanza de las ciencias - Universidad Autónoma de Manizales. Candidata a doctora, doctorado en educación - Universidad de Caldas. Docente departamento de educación - Universidad Autónoma de Manizales. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7286-5722> Correspondencia: valentinac@autonoma.edu.co
- *** Matemático. Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Estudiante del Doctorado en Educación de la Universidad de Caldas. Docente de la Unidad Académica de Formación en Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Católica de Manizales. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6527-8295> Correspondencia: rlara@ucm.edu.co

Revisión al estudio del cambio conceptual en el aprendizaje de la química*

Recibido: diciembre 4 de 2020 | Revisado: diciembre 11 de 2020 | Aprobado: marzo 12 de 2021

Cómo citar este artículo: Cadavid-Alzate, V., & Lara-Escobar, R.D. (2021). Revisión al estudio del cambio conceptual en el aprendizaje de la química. *Tesis Psicológica*, 16(2), 124-147. <https://doi.org/10.37511/tesis.v16n2a7>

ABSTRACT

Background: Within conceptual change, there are different theoretical perspectives from which nature, characteristics, and mechanisms of change in students' ideas are studied; knowing these ideas is fundamental before developing teaching processes. **Objective:** To know the most cited authors and articles in the area of conceptual change and learning of chemistry, as well as the journals in which these articles are published. **Method:** A search was conducted in the Web of Science and Scopus databases between 2009 and 2019, taking into account the following inclusion criteria: area of knowledge (studies in education), type of document, a research article published in specialized journals, in English, Spanish, and Portuguese. **Results:** After applying the inclusion criteria, 12 articles were finally analyzed using the Bibliometrix package in R software. **Conclusion:** The predominance of unidimensional approaches in the study of conceptual change in chemistry is evident. In these studies, quantitative and mixed approaches prevail. On the other hand, there is a growing tendency to study students' ideas from a multidimensional viewpoint in which emotions, social interaction, and self-regulation influence the processes of conceptual change.

Keywords: teacher, student, teaching, learning, chemistry.

RESUMEN

Antecedentes: Dentro del cambio conceptual, existen diferentes perspectivas teóricas desde las cuales se estudia la naturaleza, las características y los mecanismos de cambio de las ideas de los estudiantes. Conocer estas ideas es fundamental antes de desarrollar los procesos de enseñanza. **Objetivo:** Conocer los autores y artículos más citados en el área del cambio conceptual y aprendizaje de la química, al igual que las revistas en las que se publican estos artículos. **Método:** Se realizó la búsqueda en las bases de datos Web of Science y Scopus entre los años 2009 y 2019, teniendo como criterios de inclusión: el área de conocimiento (estudios en educación), tipo de documento artículo de investigación publicados en revistas especializadas, en idioma inglés, español y portugués. **Resultados:** Después de aplicar los criterios de inclusión finalmente se analizan 12 artículos a través del paquete estadístico bibliometrix en el software R. **Conclusión:** Es evidente el predominio de los enfoques unidimensionales en el estudio del cambio conceptual en química. En estos estudios, prevalecen los enfoques cuantitativos y mixtos. Por otra parte, hay una creciente tendencia del estudio de las ideas de los estudiantes, desde una mirada multidimensional en la que las emociones, la interacción social y la autorregulación inciden en los procesos de cambio conceptual.

Palabras clave: docente, estudiante, enseñanza, aprendizaje, química.

Introducción

El objetivo de esta revisión es conocer cuáles son los autores y los artículos más citados en torno al estudio del cambio conceptual y el aprendizaje de la química en todos los niveles de educación (primaria, secundaria y universitario), asimismo, nos interesa conocer las revistas en las que se publican estos artículos. Esta revisión abarca los años 2009 y 2019 a través del método bibliométrico análisis de citas. En términos de Zupic y Čater (2015), la citación nos permite, apreciar la influencia de los autores, del documento o de las revistas. Por su parte, el cambio conceptual, constituye una de las líneas de investigación más potentes al interior de la didáctica de las ciencias. Los estudios desarrollados entre los años 70 y 80 dan cuenta de la importancia de conocer las ideas iniciales de los estudiantes (Bell, Brook & Driver, 1985; Clough & Driver, 1986; Driver, 1989; Driver & Erickson, 1983; Driver & Scanlon, 1989; Gilbert, Osborne & Fensham, 1982; Gilbert & Watts, 1983). Es por ello que, en los procesos de enseñanza de las ciencias, el punto de partida es el reconocimiento de estas ideas y su incidencia en el aprendizaje. Vosniadou (2007) plantea que una de las misiones de la educación científica es facultar al estudiante para la comprensión de diferentes disciplinas científicas, esto implica que los docentes tienen la responsabilidad de diseñar actividades y escenarios de aula que promuevan la toma de conciencia de dichas ideas y su posterior transformación.

Amin, Smith y Wisner (2014) identifican tres grandes fases investigativas, por las cuales ha pasado el estudio del cambio conceptual. Una primera fase (1970-1980) se enfocó en conocer la naturaleza racional de las ideas de los estudiantes. Una segunda fase (1990-2000) evidenció que en estas ideas las creencias ontológicas, epistemológicas y la dimensión afectiva cumplen un papel

importante, en los procesos de cambio. La tercera fase, o fase actual se caracteriza por, el uso de procesos de modelización y el diseño de procesos o métodos de enseñanza que favorezcan el cambio conceptual. En esta fase, también se reconoce el papel de la interacción social en el cambio conceptual, para Caravita y Haldén (1994) por ejemplo, las interacciones cooperativas pueden ser potentes para encausar el conocimiento y por lo tanto el cambio conceptual.

En consecuencia, de lo anterior, el análisis de los artículos se centra en identificar en qué fase están los estudios del cambio conceptual y su relación con el aprendizaje de la química, esto con el fin de identificar el rumbo de estas investigaciones y las posibles nuevas rutas de estudio del cambio conceptual desde un perspectiva multimodal y multidimensional en estudiantes Universitarios, durante la enseñanza de la bioquímica.

Metodología

El proceso llevado a cabo en esta revisión sigue los 5 pasos del diagrama de flujo propuesto por Zupic y Čater (2015):

1. Diseñar la búsqueda especificando el tema de interés: cambio conceptual, aprendizaje de la química, educación científica.
2. Compilar los datos bibliométricos centrando la búsqueda en dos bases específicas: Web of Science y Scopus, para establecer posteriormente las ecuaciones de búsqueda e identificar los criterios de inclusión y exclusión.
3. Analizar la información comenzado con la limpieza de los datos, según se ilustra en la figura 1 (Urrutía & Bonfill, 2010).
4. Visualización y mapeo de los datos a través del paquete estadístico bibliometrix en el software R.
5. Lectura crítica de los documentos seleccionados, teniendo en cuenta el objetivo propuesto.

Búsqueda

La búsqueda de los artículos, se llevó a cabo en las bases de datos Web of Science y Scopus, empleando la opción de búsqueda avanzada, para el caso de Scopus Título-Abstract-Palabras clave y para Web of Science se emplearon las siglas TS = para la búsqueda de los documentos por tópico. Las ecuaciones de búsqueda emplearon el operador boleano AND, así mismo, se utilizaron operadores de truncamiento y caracteres comodín como los paréntesis “()” con el fin de introducir más de dos términos en la misma ecuación, utilizando un operador lógico y el asterisco “*” al final de las palabras con el propósito de encontrar todas las formas posibles. A continuación, se presenta las ecuaciones de búsqueda empleadas (Conceptual Change) AND (chemistry Learning) (Conceptual Change) AND Science education* AND chemistry Learn*.

Criterios de inclusión y eliminación de duplicados

La tabla 1, presenta el número total de artículos encontrados para cada una de las ecuaciones, teniendo en cuenta los criterios de búsqueda y el número final de artículos seleccionados después de aplicar el rango de tiempo establecido 2009-2019. Durante el análisis y limpieza de datos, se excluyeron aquellos artículos que, por ejemplo, enfocaron su estudio en el aprendizaje de la física o la biología, ya que, al emplear la primera ecuación de búsqueda, la palabra Science education, nos mostraba estudios que involucraban temas en biología, física e incluso astronomía. Por tal motivo, la segunda ecuación de búsqueda nos permitió focalizar la búsqueda en artículos relacionados exclusivamente con el aprendizaje de la química.

Tabla 1. Compilación de los datos

Criterios de inclusión	Base de Datos	Ecuación de búsqueda	Número total de documentos
Área de conocimiento- Investigación en educación-Educational Research	SCOPUS	(Conceptual Change) AND Science education* AND chemistry Learn* Últimos 10 años	(Criterios de búsqueda 13) (8)
Tipo de documento Artículo-Article Revistas especializadas didáctica de las ciencias ¹ -International journal of science education -Studies in science education -Research in science education -Science Education		(Conceptual Change) AND (chemistry Learning) Últimos 10 años	(Criterios de búsqueda 21) (16)
-Teaching in higher Education -Enseñanza de las ciencias -Journal of science teacher education -Journal of Research in Science education -Journal of chemical education -Studies in Science education -Instruccional Science	WOS	(Conceptual Change) AND Science education* AND chemistry Learn* Últimos 10 años (Conceptual Change) AND (chemistry Learning) Últimos 10 años	(criterios de búsqueda 34) (26) (criterios de búsqueda 43) (33)

Fuente: autores

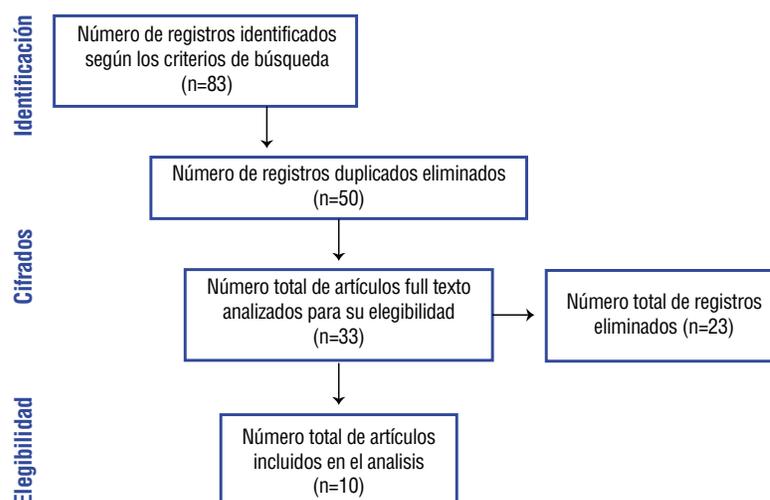
1 Las revistas seleccionadas provienen del análisis realizado en la plataforma Scimago.

Análisis de los datos y limpieza

Después de la identificación total de los artículos encontrados en las dos bases de datos seleccionadas, se realizó una revisión de todos los documentos con el fin de encontrar y descartar aquellos artículos que se encontraban duplicados. Posteriormente, se descargaron los 33 artículos aptos para ser elegidos, se revisó en detalle el resumen o abstract de cada uno de estos

artículos, corroborando que correspondieran al cambio conceptual en los procesos de aprendizaje de la química. Se revisó también, que el enfoque teórico se abordará dentro del artículo de manera detallada, de modo que se pudiera evidenciar la postura teórica de cambio conceptual asumida en el artículo, de lo contrario, el documento era descartado. Finalmente, de los 33 artículos revisados solo 10 cumplieron con los criterios previamente establecidos.

Figura 1². Diagrama de registro de búsqueda, limpieza de datos y selección de artículos



Fuente: autores

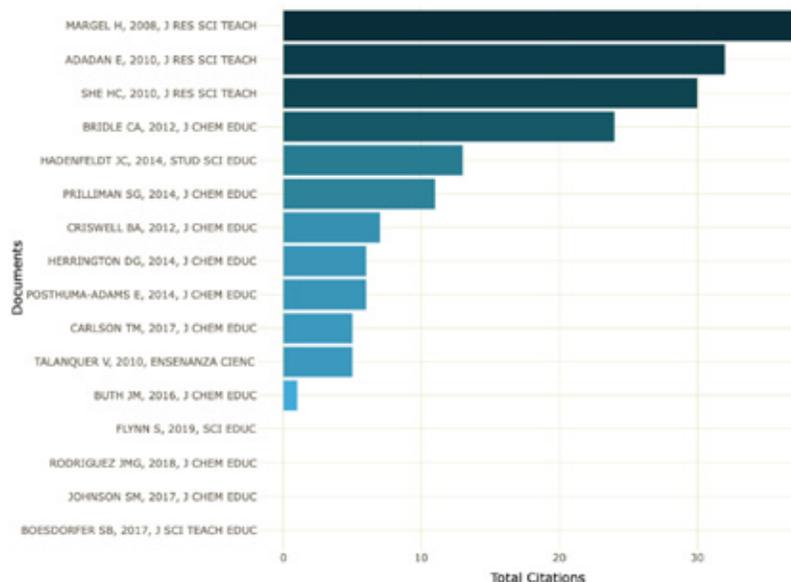
2 Adaptación diagrama de flujo Prisma (Urrútia & Bonfill, 2010).

Resultados y visualización de los datos

La visualización de los datos se lleva a cabo a través del paquete bibliometrix del software estadístico R, teniendo en cuenta las ventajas que presenta en cuanto a la visualización de los datos tal y como lo exponen Aria y Cuccurullo (2017). Por medio de este software se representan los autores más citados, con relación al estudio del cambio conceptual durante el aprendizaje de la química

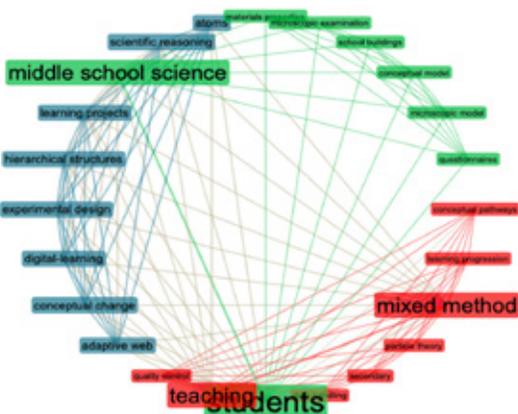
y las revistas donde se han publicado tales documentos (figura 2). Por otra parte, el mapa temático que se presenta en la figura 3, da cuenta de los enfoques de investigación y los diseños de estos estudios, la población objeto de estudios y algunos de los métodos de enseñanza propuestos por los autores. Consideramos de gran importancia este mapa, ya que orienta el análisis, la síntesis e inferencias realizadas a la lectura detallada de los artículos y sus implicaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química.

Figura 2. Autores más citados, número de citaciones y revistas



Fuente: autores

Figura 3. Mapa temático cambio conceptual y aprendizaje de la química



Fuente: autores

A continuación, presentamos el número total de artículos elegidos para el análisis propuesto. En la tabla 2, se presentan 12 artículos, si bien el número total de artículos elegido eran 10, se incluyen los artículos 11 y 12 por la relevancia que presentan, ya que se relaciona específicamente con el cambio conceptual y aprendizaje de la química. Estos dos artículos presentan una citación superior a 30 (figura 2), por lo tanto, consideramos importante estudiar su contenido y posibles implicaciones de tales artículos dentro de esta línea de investigación. De los 12 artículos, 1 estaba en español, los demás 11 artículos estaban en inglés.

Tabla 2. Número total de artículos incluidos con criterios de inclusión y la limpieza de datos

Artículo	Autor(es)	Revista	Número de citaciones (0)
1. Conceptual profile of chemistry: a framework for enriching thinking and action in chemistry education	Freire, Talanquer y Amaral (2019)	International Journal of Science Education	56
2. Examining the progression and consistency of thermal concepts: a cross-age study	Adadan yYavuzkaya (2018)	International Journal of Science Education	3
3. Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research	Hadenfeldt y Neumann (2014)	Studies in Science Education	21
4. An investigation of college chemistry students' understanding of structure-property relationships	Cooper, Corley y Underwood (2013)	Journal of Research in Science Teaching	36

5. The insidious nature of 'hard-core' alternative conceptions: Implications for the constructivist research programme of patterns in high school students' and pre-service teachers' thinking about ionisation energy	Taber y Tan (2011)	International Journal of Science Education	28
6. Exploring Grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction	Adadan, Trundle y Irving (2010)	Journal of Research in Science Teaching	32
7. Investigating the influence of motivational factors on conceptual change in a digital learning context using the dual-situated learning model	Tseng, Tuan y Chin (2010)	International Journal of Science Education	7
8. Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning	She y Liao (2010)	Journal of Research in Science Teaching	30
9. Intuitive thinking in chemistry: Implicit assumptions of heuristic	Talanquer (2010)	Enseñanza de las Ciencias	5
10. On cognitive constraints and learning progressions: The case of "structure of matter"	Talanquer (2009)	International Journal of Science Education	71
11. A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials	Margel, Eylon y Scherz (2008)	Journal of Research in Science Teaching	37
12. Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry	Harrison y Treagust (2001)	Instructional Science	34

Fuente: autores

En la tabla 3 se presentan los estudios que fueron seleccionados para el análisis, teniendo en cuenta su objetivo, enfoque de investigación, método, temas de química estudiados, población y principales hallazgos. Esto nos dejó ver

las fases indicadas por Amin, Smith y Wisser (2014) o perspectivas teóricas como lo plantea Tamayo (2009) del estudio del cambio conceptual y sus implicaciones para los procesos de aprendizaje de la química.

Tabla 3. Fase 1. Perspectiva epistemológica o unidimensional del cambio conceptual

Título del artículo y autores	Objetivo y metodología	Contexto de la investigación	Hallazgos
1. Conceptual profile of chemistry: a framework for enriching thinking and action in chemistry education Freire, Talanquer y Amaral (2019)	Análisis y la discusión de diferentes zonas en un perfil conceptual de química. -Cualitativa Grabaciones de audio y video de las declaraciones de los estudiantes.	Tema: Filosofía de la química. Población: 9 estudiantes de pregrado. -Universidad de Brasil.	Se identificaron seis zonas diferentes en el perfil conceptual de la química: 1) monista, 2) aversiva, 3) epistémica, 4) pragmática, 5) procesual y 6) atractiva. Los educadores de química en todos los niveles deben pensar en su disciplina desde múltiples perspectivas, incluidos los puntos de vista académico, cognitivo, histórico, filosófico, social, político, económico y moral, entre otros. Freire <i>et al.</i> , (2019)

Título del artículo y autores	Objetivo y metodología	Contexto de la investigación	Hallazgos
2. Examining the progression and consistency of thermal concepts: a cross-age study Adadan y Yavuzkaya (2018)	Examinar cómo la progresión y la consistencia de la comprensión de los estudiantes de los conceptos térmicos en contextos cotidianos cambia a través de diferentes grados. -Cuantitativa Estudio transversal. Encuestas. Aplicaciones de cuestionarios estandarizados para identificar las ideas de los estudiantes.	Tema: conceptos térmicos (calor, temperatura, equilibrio térmico, la conductividad térmica y los cambios de fase) Población: 656 estudiantes turcos de 8º grado (13 a 14 años), 10º grado (15 a 16 años) y el primer año de universidad (19–20 años)	Los hallazgos indicaron una progresión sustancial en la comprensión científica de los estudiantes sobre los conceptos térmicos en todos los niveles de grado. Sin embargo, parece que los participantes en cada grupo no desarrollaron cuatro conceptos térmicos en una medida similar. Los hallazgos del estudio revelaron la durabilidad de algunas concepciones alternativas sobre los conceptos térmicos durante el primer año de universidad. Es menos probable que ocurra la comprensión de los conceptos térmicos sin desarrollar la teoría de la partícula de la materia (Adadan, & Yavuzkaya, 2018).
3. Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research Hadenfeldt y Neumann (2014)	Sistematizar los hallazgos de la investigación en la última década (2000) sobre la comprensión de la materia por parte de los estudiantes. Revisión sistemática de literatura sobre cómo los estudiantes conceptualizan la materia.	Tema: Materia. Método Analizan estudios sobre las concepciones de los estudiantes sobre la materia publicados durante la última década en cinco revistas de educación científica revisadas por pares.	En esta revisión sistemática sobre las concepciones de la materia por parte de los estudiantes en la última década, se sugiere un modelo que describe la progresión de los estudiantes en la comprensión de la materia en cuatro aspectos principales relacionados. Existe una fuerte evidencia que revela que la comprensión de los estudiantes de los cuatro aspectos principales (estructura y composición, propiedades físicas y cambio, propiedades químicas y conservación) de la materia está altamente interrelacionada. Hadenfeldt, <i>et al.</i> , (2014)
4. An investigation of college chemistry students' understanding of structure-property relationships Cooper, Corley y Underwood (2013)	Comprender mejor el proceso mediante el cual los estudiantes determinaron propiedades tales como los puntos de fusión o ebullición relativos de una estructura y qué factores tomaron en consideración (es decir, geometría molecular o polaridad). Cualitativa Entrevistas semiestructuradas.	Tema: geometría molecular o polaridad a partir del análisis de compuestos orgánicos. Población: 17 estudiantes universitarios, que cursaban química orgánica. Debían haber completado el curso de química general.	Los estudiantes de química orgánica no parecían más capaces de hacer una conexión entre la estructura- propiedad a pesar que algunos estudiantes podrían responder preguntas correctamente sin un razonar conscientemente a través del proceso. Recomendamos que los instructores vuelvan a estos principios temprano y con frecuencia, reforzando los conceptos subyacentes en lugar de esperar que los estudiantes memoricen grandes bases de datos de reacciones. Cooper <i>et al.</i> , (2013)

Título del artículo y autores	Objetivo y metodología	Contexto de la investigación	Hallazgos
5. The insidious nature of 'hard-core' alternative conceptions: Implications for the constructivist research programme of patterns in high school students' and pre-service teachers' thinking about ionisation energy Taber y Tan (2011)	Comparar los datos de dos estudios en el mismo contexto educativo, que aplicaron la misma metodología para investigar la comprensión de muestras sustanciales de poblaciones en diferentes niveles educativos. Cuantitativo Comparación transversal.	Tema: Energías de ionización. Población: Estudiantes de secundaria superior y profesores en formación en el mismo contexto educativo (Singapur) Método Aplicación de cuestionarios para indagar las ideas de los estudiantes y profesores.	Existe un mejor desempeño en la prueba diagnóstica de los maestros en comparación con los estudiantes. La comprensión de la energía de ionización es deficiente entre los estudiantes de química y los profesores graduados de química de pre-servicio. Los maestros de educación superior más selectos y mejor educados superan a los estudiantes. Este estudio destaca claramente la cuestión de hasta qué punto las concepciones alternativas insidiosas están vinculadas a los compromisos fundamentales que son retenidos por los graduados a medida que avanzan en roles profesionales. Taber y Tan (2011)
6. Exploring Grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction Adadan, Trundle y Irving (2010)	Identificar y describir las vías conceptuales de los estudiantes de química introductoria de los grados 11 (16 a 17 años) del PNM desde antes hasta después de la instrucción (hasta 3 meses después de la enseñanza) Mixto, recolección de datos cualitativos (oral, escritas y dibujos) Diseño cuasi experimental con pretest, Posttest y test de retención.	Tema: Naturaleza particulada de la materia. Población: 19 estudiantes de grado 11 9 hombres y 10 mujeres -duración 5 meses. Método Uso de múltiples representaciones.	Los resultados respecto a las comprensiones de los estudiantes, antes e inmediatamente después y tres meses después de la enseñanza científica; revela que, 4 de los 19 estudiantes poseen ideas científicas con fragmentos alternativos y 14 de los 19 estudiantes poseen fragmentos alternativos con algunos fragmentos científicos, después de la instrucción 11 de los 19 estudiantes tienen una tendencia a una comprensión científica y solo 6 de ellos presentan concepciones científicas con fragmentos alternativos. Tres meses después de la instrucción solo 7 de eso 19 estudiantes mantuvieron una comprensión científica. Los maestros deben considerar la integración de herramientas visuales. Además, deben permitir que los estudiantes representen sus entendimientos no solo verbalmente sino también pictóricamente (dibujos) cuando sea apropiado (Adadan & Trundle, 2010)
8. Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning She y Liao (2010)	Examinar la efectividad del cambio conceptual de los estudiantes que involucra conceptos relacionados atómicos y su razonamiento científico a través de métodos tanto cualitativos como cuantitativos. Cuantitativa. Pre y pos test y test 3 meses después. Mixta Medidas repetidas de ANOVA Entrevistas estructuradas 10 preguntas	Tema: Átomo. Población: 108 estudiantes de 8° grado a través de métodos mixtos. 60 niños y 48 niñas. Método Aprendizaje digital adaptativo, Construcción y Reconstrucción de Conceptos Científicos (SCCR)	Los resultados muestran que los conceptos de los estudiantes sobre átomos, razonamiento científico y cambio conceptual progresaron, lo cual es consistente con los resultados de las entrevistas con respecto al nivel de razonamiento científico y la cantidad de cambio conceptual. El uso de razonamiento científico por parte de los estudiantes pasó de Generatividad (G) a Elaboración (EL) después de aprender del programa, y el uso de Justificación (J) y Explicación (EX) también apareció con mayor frecuencia después del aprendizaje. El razonamiento científico es fundamental para que ocurra un cambio conceptual durante el aprendizaje. (She & Liao, 2010).

Título del artículo y autores	Objetivo y metodología	Contexto de la investigación	Hallazgos
9. Intuitive thinking in chemistry: Implicit assumptions of heuristic Talanquer (2010)	Ilustrar en qué medida el razonamiento de los estudiantes de ciencias, en particular de los alumnos de química, puede estar restringido por suposiciones implícitas sobre las propiedades y el comportamiento de las entidades en un sistema, o por atajos de razonamiento (heurísticos) Cualitativa Análisis de las explicaciones o predicciones de los alumnos. Empleo de cuestionarios, sobre el punto de ebullición de una solución de agua con sal (cloruro de sodio) es más alto que el del agua pura.	Tema: propiedades físicas y químicas de la materia. Población 391 estudiantes de ciencias e ingenierías al final del segundo y último, semestre del curso de Química General.	El análisis de las respuestas de los estudiantes reveló la existencia de dos formas dominantes de explicación para la elevación del punto de ebullición del agua, las cuales pueden denominarse «causal-aditiva» (42,7%) y «causal-estática» (36,1%). En las explicaciones de tipo causal-aditiva los estudiantes implícitamente asumieron que las propiedades de una mezcla de componentes eran aditivas, y que esto explicaba los cambios observados. Los resultados de nuestras investigaciones indican de manera consistente que, aun a nivel universitario, el pensamiento de los estudiantes está dominado por conocimientos y formas de razonamiento intuitivos (Talanquer, 2010)
10. On cognitive constraints and learning progressions: The case of "structure of matter" Talanquer (2009)	Caracterizar los supuestos implícitos centrales que pueden restringir las ideas de los estudiantes y el razonamiento sobre la estructura de la materia en diferentes etapas de aprendizaje. Teórico-analítico. Revisión literatura Identificar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza particulada de la materia.	Tema: estructura de la materia, en diversos niveles. -Caracteriza de las restricciones de tipo general y específicas (estructura de la materia) propone un tránsito de ideas ingenuas a expertas con relación a la estructura, propiedades, dinámica e interacciones. 4 restricciones, de estructura, de propiedades, de movimiento de partículas y restricción de interacción.	El análisis de los modelos de los estudiantes de la estructura de la materia y su comportamiento indica que sus ideas están fuertemente influenciadas por la apariencia física de los objetos, sustancias o materiales. restricción de "similitud de superficie". La explicación de los alumnos y la predicción de las propiedades de las sustancias también parecen estar guiadas por supuestos implícitos, transfieren muchas de las propiedades macroscópicas de una sustancia al nivel sub-microscópico. (Talanquer, 2009).
11. A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials Margel, Eylon y Scherz (2008)	Estudiar la progresión del aprendizaje de los estudiantes en dos dimensiones: (a) el modelo conceptual; y (b) el contexto de aplicación. La transferencia de materiales familiares a materiales desconocidos y la transferencia del lenguaje común al lenguaje científico. Enfoque quasi-experimental, investigación de parches cruzados.	Tema: Estructura de la materia "los materiales". Población: 1082 estudiantes de secundaria grados 7-9 de 40 clases de cuatro escuelas de diferentes. Método Se pidió a los estudiantes que dibujaran la estructura de varios materiales y que escribieran sus explicaciones sobre la estructura de estos materiales en cuestionarios administrados cinco veces durante un período de 3 años.	La vista de los estudiantes de la materia cambió de nivel macroscópico a nivel microscópico. La mayoría de los estudiantes lograron una base sólida del modelo de partículas, pero no retuvieron el modelo molecular. Estos resultados sugieren que la conceptualización de los estudiantes del modelo molecular es menos fuerte que la del modelo de partículas. Un currículo en espiral proporciona oportunidades de aprendizaje que promueven la integración y retención del conocimiento (Margel <i>et al.</i> , 2008)

Fuente: autores

Tabla 4. Fase 2. Perspectiva multidimensional en los procesos del cambio conceptual

Título del artículo y autores	Objetivo y metodología	Contexto de la investigación	Hallazgos
7. Investigating the influence of motivational factors on conceptual change in a digital learning context using the dual-situated learning model Tseng, Tuan y Chin (2010)	Examinar la relación entre la motivación de aprendizaje y el cambio conceptual de 127 estudiantes de octavo grado después de haber aprendido el concepto de ácido, base y sal en un contexto de aprendizaje digital. Cuantitativo, emplearon dos cuestionarios en la prueba diagnóstica sobre el concepto de ácido base (CDT) (pretest, posttest y de retención) y el cuestionario de motivación (SMTSL) Correlación de Pearson.	Tema: Concepto ácido, base y sal. Población: 127 estudiante de grado octavo. Método Aprendizaje digital, construcción y reconstrucción digital del concepto científico (SCCRDL)	El análisis de correlación de Pearson indicó que el cambio conceptual de los estudiantes se correlacionó significativamente con factores motivacionales como la autoeficacia (SE), la estrategia de aprendizaje activo (ALS), el valor del aprendizaje de las ciencias (SLV), el objetivo de logro (AG) y estimulación del ambiente de aprendizaje (LES) ($p < 0.05$). Las entrevistas también respaldaron la correlación motivacional de los estudiantes. Aunque los 127 estudiantes ya habían participado en el aprendizaje relacionado con la sal ácido-base en la clase, la mayoría de los estudiantes aún conservaban conceptos alternativos. (Tseng <i>et al.</i> , 2010)
12. Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry Harrison y Treagust (2001)	Estudiar en profundidad el aprendizaje de los estudiantes a través de múltiples perspectivas interpretativas para explicar el cambio conceptual. Cualitativa Estudio de caso en profundidad de dos estudiantes.	Tema: átomo y moléculas. 11 estudiantes del grado 11 Método Durante las 36 semanas del estudio, se compiló un portafolio de aprendizaje para cada miembro de la clase. El portafolio contenía pruebas preliminares de temas, dibujos de estudiantes, informes prácticos, registros grabados en audio y video.	A pesar de algunas debilidades persistentes en la concepción de Alex de un átomo, los cambios conceptuales de Alex fueron epistemológicos, ontológicos y motivacionales porque 1) agregó y cambió los elementos de conocimiento, 2) cambió la forma en que pensaba sobre los átomos, electrones y enlaces, y 3) fue reflexivo y examinó sus ideas metacognitivamente. El cambio conceptual se comprende mejor, cuando se considera que, el cambio es una amalgama de factores de aprendizaje epistemológicos, ontológicos y socio-afectivos. Dan fue un alumno muy capaz, inteligente y articulado. Se conjetura que estaba más comprometido con el aprendizaje memorístico de la información química que con el desarrollo de una forma científica de pensar. ¿Tal vez su motivación para obtener altas calificaciones condujo a una decisión consciente de limitar sus actividades intelectuales para marcar actividades generadoras? su preocupación por los logros limitaba sus cambios conceptuales. (Harrison & Treagust, 2001)

Nota: Se explora la dimensión epistemológica, ontológica y motivacional.

Fuente: autores

Discusión

El análisis que a continuación se presenta, da cuenta de los autores y artículos más citados en el periodo de 2009-2019 y las revistas

especializadas donde se publicaron, también permitió identificar en qué fases según lo propuesto (Amin, Smith & Wisser, 2014) se encuentran las investigaciones de cambio conceptual al interior del aula de química. En este orden de

ideas, presentaremos las tendencias que hemos denominado como: los estudios puramente epistemológicos o unidimensionales que ubicaremos en la Fase 1 de los estudios de cambio conceptual. Por su parte, los estudios que incorporan la dimensión ontológica, emotivo-afectiva y autorreguladora se ubican en la Fase 2, a estos estudios los hemos denominado estudios multidimensionales. Por otro lado, si bien en la literatura existen estudios que destacan el rol que cumple la dimensión social y la interacción de los diferentes actores implicados en los procesos de enseñanza y aprendizaje (ver Pea 1994; Basili & Sanford, 1999; Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1999), no se identifican este tipo de estudios en la revisión presentada.

El punto inicial del cambio conceptual es sin duda, el reconocimiento de la influencia que tienen las ideas iniciales, preconcepciones o esquemas conceptuales alternativos de los estudiantes sobre un concepto científico. Para Pozo, Crespo y Limón (1991) estas ideas surgen de la necesidad de darle significado a una actividad cotidiana, siguen un razonamiento causal, que se basa en procesos sensoriales y perceptivos, carecen de un análisis riguroso y sistemático. Por su parte Driver (1986) considera que estos esquemas conceptuales no son ideas irracionales y puedan estar dotadas de cierta coherencia, aunque parezcan incoherentes desde el punto de vista del maestro, además poseen validez en ciertos contextos. Señala, además que, estos sistemas conceptuales son persistentes aun cuando no son congruentes con los resultados experimentales o con las explicaciones del docente, esto quiere decir, que no se modifican o cambian fácilmente desde una enseñanza tradicional. Agrega, que el hecho que sean ideas personales no quiere decir que no sean compartidas por otras personas.

Dentro del cambio conceptual existen diferentes posturas sobre la naturaleza de las concepciones

alternativas o ideas intuitivas de los estudiantes y sobre los mecanismos que generan el cambio. Por ejemplo, el estudio de Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982) propone comprender de manera detallada la naturaleza de los conceptos erróneos en los estudiantes, y tratar de explicar por qué son resistentes al cambio, esbozan el posible cambio de esos conceptos al cumplirse cuatro condiciones necesarias: insatisfacción, acomodación, plausibilidad y fructibilidad. Este estudio de Posner, Strike, Hewson y Gertzog, según Matthews (2004) además de ser pionero, es uno de los más influyentes de la teoría del cambio conceptual.

Para el análisis y clasificación de los artículos analizados, proponemos la siguiente ruta para presentar las fases o tendencias halladas en la revisión realizada; comenzaremos con las posturas puramente racionales influenciadas por la filosofía de la ciencia, en la que se cambia, se modifica o reubica un concepto (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Chi, Slotta & Leeuw, 1994; Chi, 2009). Luego, la postura cálida propuesta por autores como (Sinatra & Pintrich, 2003; Pozo, 1999; Tamarayo; 2001) estos autores destacan el papel de la dimensión emotiva, social e individual, así como los aspectos autorreguladores que pueden incidir en el proceso de cambio conceptual.

Fase 1. Perspectiva epistemológica o unidimensional del cambio conceptual

La fase 1 hace referencia a la primera tendencia de investigación encontrada, la denominaremos de naturaleza epistemológica o unidimensional. Acá ubicamos aquellos estudios que se interesaron por explorar la naturaleza conceptual de las ideas de los estudiantes, durante el aprendizaje de diferentes temas en química como (estructura de la materia, átomo, energía de ionización, entre otros) y sus procesos de cambio, producto de un método de enseñanza determinado.

Los estudios de (Posner, Strike, Hewson & Gertzog 1982; Margel, Eylon & Scherz, 2008; Adadan, Trundle & Irving, 2010; She & Liao, 2010; Talanquer, 2010; Taber & Tan, 2011; Hadenfeldt, Liu & Neumann, 2014; Adadan & Yavuzkaya, 2018; Freire, Talanquer & Amaral, 2019), se caracterizan por indagar estas ideas empleando pruebas de pre-test, post-test y retención³ en estudiantes de secundaria, media y universitarios. El objetivo principal de los pre-test, en su mayoría cuestionarios validados y estandarizados por expertos o diseñados por los mismos investigadores, es caracterizar las ideas iniciales de los estudiantes, sobre el tema estudiado en cuestión, ello permite establecer una línea base, sobre los conocimientos iniciales de los estudiantes. Los post-test, tienen como finalidad reconocer las variaciones o cambios en los puntajes, o en el número de respuestas correctas, para establecer el cambio o transformación de las ideas iniciales de los estudiantes. Por último, los test de retención, aplicados usualmente tres meses después de los procesos de enseñanza, miden la retención de los conceptos científicos de los estudiantes, con relación al tema estudiado y la presencia de concepciones alternativas que pueden emerger de nuevo.

Por ejemplo, en el estudio de Adadan *et al.* (2010) a pesar de usar los pre-test, post-test y test de retención, encontraron que tres meses después de la enseñanza solo siete de los diecinueve estudiantes mantuvieron una comprensión científica. Sugieren, además, que los maestros deben incorporar otro tipo de estrategias para la externalización de las ideas de los estudiantes, fomentando el uso y la construcción de representaciones pictóricas por parte estos estudiantes, donde se presenta una explicación

o justificación del contenido. Por su parte, Harrison y Treagust (2001) argumentan que las calificaciones que obtienen los estudiantes en los exámenes estandarizados, no son indicadores certeros para indicar o aseverar una comprensión conceptual. Por último, Tseng *et al.* (2010) investigadores que también emplearon los pre-test, post-test y test de retención, señalan que, si bien 127 estudiantes involucrados en su estudio sobre el concepto de ácido, base y sal habían participado de manera activa en las clases, la mayoría de estos estudiantes, conservaban, concepciones alternativas, lo anterior asociado a procesos de enseñanza enmarcados en modelos tradicionales. Resumiendo lo expuesto anteriormente, si bien estos estudiantes permiten evidenciar procesos de cambios conceptual, los autores planteando la necesidad de pensar en ambientes de aula, que desborden los modelos de enseñanza tradicional, también hacen un llamado a dudar de los resultados obtenidos en las pruebas que solo proveen datos cuantitativos (Tseng *et al.*, 2010).

De los 12 artículos analizados en la presente revisión, 10 son estudios que se encuentran en la fase uno de los estudios del cambio conceptual. Con excepción de los textos de (Hadenfeldt *et al.*, 2014; Talanquer, 2009) quienes hacen una revisión analítica de la literatura, por ejemplo, de las concepciones alternativas identificadas en los estudiantes sobre la naturaleza particulada de la materia. Para el caso concreto del estudio de Hadenfeldt *et al.* (2014) y Talanquer (2009), estos autores proponen identificar, rastrear y proponer un modelo que identifique las concepciones alternativas de los estudiantes con relación a la naturaleza particulada de la materia. En estos artículos, la población que más se estudió, fueron los estudiantes de básica secundaria, desde los grados 7, 8, 9 y 10. Solo en tres estudios se explora la población universitaria (Freire

3 Aplicación de la prueba inicial después de 2 o 3 meses posteriores a la instrucción científica.

et al., 2019, Adadan & Yavuzkaya, 2018, Cooper *et al.*, 2013). Población que consideramos ha sido poco explorada.

Con relación a los temas de química más estudiados, encontramos el tema de estructura particulada de la materia, donde de los 10 artículos, 5 pesquisas estudian este tema (Hadenfeldt, *et al.*, 2014; Adadan & Trundle, 2010; Talanquer, 2009, 2010; Margel *et al.*, 2008). Para estos autores la importancia del estudio de la naturaleza particulada de la materia, se debe a que, es un concepto nuclear en química, para Adadan y Trundle (2010) “es el concepto más central en el currículo de ciencias en términos de su potencial para proporcionar una base para explicar una variedad de temas en química, como lo enlace químico, el cambio químico, la disolución” (p. 1006). De allí la importancia, de que, los docentes de química, conozcan de primera mano las concepciones alternativas o ideas implícitas de los estudiantes, en el aula de química, con el fin de diseñar escenarios y espacios de aula que propenda por la transformación de estas ideas. Hadenfeldt, *et al.* (2014) señalan que, para una adecuada comprensión de la estructura particulada de la materia, se requiere una interrelación profunda de 4 aspectos principales (estructura y composición, propiedades físicas y cambio, propiedades químicas y cambio y conservación). Por otra parte, los demás temas examinados fueron: conceptos térmicos como; calor, temperatura, equilibrio térmico, la conductividad térmica y los cambios de fase (Adadan & Yavuzkaya, 2018), geometría molecular (Cooper *et al.*, 2013), energía de ionización (Taber & Tan, 2011).

En síntesis, lo que deseamos resaltar de esta primera tendencia de investigación es que, se explora los procesos de cambio conceptual desde una perspectiva unidimensional, o puramente epistemológica, solo da cuenta del progreso conceptual de los estudiantes, basados en el análisis de los resultados iniciales, finales y de las

pruebas de retención, producto de tratamiento de los datos a través de paquetes estadísticos. Estos estudios, limitan la posibilidad de indagar por otros factores externos que pueden estar implicados en los procesos de cambio conceptual. Tamayo (2010) señala que la mayoría de los estudios del cambio conceptual se circunscriben casi de manera exclusiva en la dimensión conceptual o epistemológica, por lo tanto, deben darse cabida a dimensiones como la afectiva, la sociocultural y la socio-histórica.

Fase 2. Perspectiva multidimensional en los procesos de cambio conceptual

La segunda tendencia la denominaremos estudios multidimensionales (estudios que *exploran la dimensión epistemológico, ontológico y motivacional*), en estas pesquisas no solo se analiza el cambio o transformación de las ideas desde un aspecto epistemológico, sino que reconocen que las motivaciones, los factores sociales y la dimensión ontológica inciden en los procesos de cambio conceptual. De los artículos seleccionados en esta revisión, solo 2 de los 12 se encuentran en esta fase o perspectiva (Harrison & Treagust, 2001; Tseng, Tuan & Chin, 2010). Lo anterior es inquietante, ya que, al interior del cambio conceptual existe estudios que dan cuenta de la importancia de vincular la dimensión emotiva-afectiva, autorreguladora, como, por ejemplo, los estudios de (Vosniadou, 1994; Pea 1994; Ebenezer & Gaskell, 1995; Basili & Sanford, 1991 Sinatra & Pintrich, 2003).

En el estudio de Harrison y Treagust (2001), el cual se desarrolló durante 36 semanas, los estudiantes tuvieron la oportunidad de representar la estructura de átomos y moléculas, así mismo, se les pedía explicar las características y componentes de su dibujo, a través de las grabaciones de audio y video, se podía captar las interacciones de los estudiantes con el material de estudio y con el docente. Sus hallazgos dan cuenta que los factores personales e intereses influyen

significativamente en los resultados de aprendizaje. En el análisis de uno de los dos estudiantes, que hicieron parte del estudio de caso en profundidad, encontraron que si bien, Dan era un estudiante aplicado, capaz e inteligente, fuertemente comprometido con la obtención de altas calificaciones, sin ser esto un aspecto negativo, solo se restringía a desarrollar las actividades en las que se obtuviera alguna nota, no se comprometía con otro tipo de actividades que involucraran el desarrollo de una forma científica de pensar.

Para Sinatra y Pintrich (2003) el cambio conceptual no puede restringirse al cambio o transformación de las estructuras cognitivas internas del sujeto cognoscente, este al parecer está fuertemente influenciado por aspectos externos también. Motivaciones, entorno social y cultural. Agregan estos autores que, debemos permitirle al estudiante tomar un rol activo en su propio proceso de aprendizaje, un aprendiz intencionado es aquel estudiante que hace uso deliberado de su conocimiento y creencias, para lograr objetivos claros y definidos, en los que la autorregulación de los procesos cognitivos y ciertas disposiciones cognitivas y afectivas incidan en logro de una actividad concreta.

Con relación a la investigación de Tseng, Tuan y Chin (2010), emplean dos tipos de cuestionarios, uno para diagnosticar e identificar las ideas de los estudiantes sobre el tema de ácidos, bases y sales (CDT) y otro cuestionario para indagar el estado motivacional de los estudiantes hacia el aprendizaje, por último, las actividades de aprendizaje se desarrollan a través de un modelo de aprendizaje digital de construcción y reconstrucción digital del concepto científico. Comienzan planteando que, el cambio conceptual demanda que los estudiantes re-evalúen su conocimiento. Adicional a lo anterior, consideran que los factores afectivos y motivacionales deben incluirse en el estudio de cambio conceptual.

Dentro del componente motivacional, algunas de las preguntas que se les plantearon a los estudiantes fueron las siguientes: Autoeficacia: “no tengo confianza en aprender conceptos difíciles”; Aprendizaje activo: “cuando aprendo algo nuevo, trato de conectarlo con mis experiencias previas”; Valor del aprendizaje de las ciencias: “pienso que la naturaleza y la tecnología, son importantes porque se pueden usar en la vida cotidiana”; Desempeño en las tareas: “participo en las actividades para mejorar, puedo hacerlo mejor que otros”, entre otras. Para establecer la relación entre el cambio conceptual y la dimensión motivacional, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las seis escalas SMTSL (cuestionario del estado motivacional de los estudiantes hacia el aprendizaje y la cantidad de cambio conceptual). Los resultados mostraron que, después de experimentar el aprendizaje digital DSLM, los puntajes post-test-CDT y test- CDT (de retención) de los estudiantes fueron significativamente más altos que los puntajes pre-test CDT. Además, el análisis de correlación de Pearson indicó que el cambio conceptual de los estudiantes se correlacionó significativamente con factores motivacionales como la autoeficacia (SE), la estrategia de aprendizaje activo (ALS), el valor del aprendizaje de las ciencias (SLV), el Desempeño de las tareas (AG) y estimulación del ambiente de aprendizaje. Adicional a lo anterior, encuentran presencia de concepciones alternativas en los estudiantes con relación al tema estudiado, derivado de ello plantean la necesidad del diseño de entornos de aprendizaje que desborden los modelos de enseñanza tradicional.

Resumiendo lo antes expuesto, queremos resaltar en esta fase 2, el punto de partida de estos estudios es la indagación e identificación de las ideas o concepciones iniciales de los estudiantes. En esta fase los estudios cualitativos toman fuerza, ya que se desea comprender el fenómeno del cambio conceptual desde el reconocimiento

de lo que dicen, hacen, sienten y representan los estudiantes en su entorno social. Por ejemplo, los análisis descriptivos y comprensivos como los estudios de caso (Harrison & Treagust, 2001), el uso intensivo de entrevistas semi-estructuradas (Cooper, Corley & Underwood, 2013) y la fenomenografía (Ebenezer & Gaskell, 1995).

En esta línea multidimensional los autores consideran que el cambio conceptual no puede solo restringirse a los aspectos cognitivos. Por ejemplo, los aspectos motivacionales y metacognitivos implican un compromiso por parte del estudiante (Sinatra & Pintrich, 2003; Tamayo, 2010) como ya se mencionó. Así mismo, el trabajo grupal cooperativo genera un entorno viable para que los estudiantes superen conceptos erróneos, ya que, permiten la discusión y revisión de las ideas (Basili & Sanford, 1991). Por último, Harrison & Treagust (2001) plantean la necesidad de evaluar la comprensión conceptual desde diversas fuentes con el fin de conocer los niveles de comprensión en tareas que demandan procesos cognitivos diferentes a la memorización.

Implicaciones de estos estudios en el aprendizaje de la química

Algunos de los obstáculos detectados en el aprendizaje de la química se relacionan en términos de Furió y Furió (2018) con la visión realista ingenua desde la cual los estudiantes interpretan los fenómenos naturales y químicos, los estudiantes rara vez dudan de tal percepción. Agregan los autores que no basta con identificar, caracterizar y clasificar las ideas de los estudiantes, es necesario ir más allá. Con relación a lo anterior, Vosniadou (2007) plantea la necesidad de ayudar a los estudiantes a desarrollar una conciencia metaconceptual. Por ello consideramos que, en los estudios del cambio conceptual al interior del aula de química, los docentes y los investigadores

debemos fortalecer más este aspecto. No podemos ver el cambio conceptual como la simple sustitución de una idea por otra.

Por otra parte, autores como (Johnstone, 1991; Furió & Furió, 2018; Gois & Giordan, 2003; Gilbert & Treagust, 2009) destacan la importancia de que los docentes de química, incorporem las tres dimensiones del conocimiento químico a nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico. Entendiendo la dimensión macroscópica, como aquella que se ocupa de los fenómenos y procesos que son percibidos a través de los sentidos (color, olores, texturas), por su parte, la dimensión submicroscópica como ese conocimiento químico, que se ocupa a nivel molecular de entender la interacción entre las partículas y la dimensión simbólica, implica la comprensión e interpretación de las representaciones cuantitativas, por ejemplo, cuando se emplea un ecuación química, con valores numéricos o gráficos. Consideramos teniendo en cuenta la revisión realizada, que las investigaciones sobre cambio conceptual en química, han olvidado la importancia de incorporar de manera consciente e intencionada, estos tres niveles, con el fin de contribuir a la comprensión de los fenómenos químicos. Talanquer (2009) señala que, las explicaciones y predicciones de los alumnos, sobre, por ejemplo, las propiedades de las sustancias, que se fundamentan en supuestos implícitos, trasladan muchas de las propiedades macroscópicas al nivel submicroscópico.

Por último, otro aspecto desconocido o poco estudiado por estas investigaciones, es la importancia del desarrollo de habilidades visoespaciales para el aprendizaje de la química tal como lo plantea Bodner y Pribyl (1987); Wu y Shah (2004); Harle y Towns (2011). En síntesis, estos autores plantean, la necesidad de hacer explícitas las relaciones espaciales de las representaciones que se usan en las clases, para promover las

habilidades de visualización de los estudiantes de estructuras 2D-3D, lo anterior puede lograrse a través de la enseñanza de las características de diferentes representaciones moleculares (2D-3D). Consideramos que este aspecto debe ser fundamental, en los estudios del cambio conceptual al interior del aula de química.

Conclusiones

En síntesis, del análisis realizado podemos establecer que se presentan dos grandes tendencias en los estudios del cambio conceptual en el aula de química. En la tendencia multidimensional los autores consideran que el cambio conceptual no puede solo restringirse a los aspectos cognitivos, pese a la importancia de los estudios unidimensionales o de naturaleza epistemológica para identificar y rastrear las ideas o concepciones de los estudiantes con relación a los fenómenos científicos. Se propone avanzar en la exploración de la evolución o transformación de estas ideas, desde posturas más cálidas, posturas que reconozcan que las motivaciones, los procesos de autorregulación y las ideas o concepciones sobre la naturaleza de los conceptos o fenómenos estudiados en el aula inciden en la reconstrucción de las ideas iniciales.

A continuación, presentamos tres grandes conclusiones que se derivan de la revisión de la literatura en cambio conceptual y aprendizaje de la química: 1) los estudios de naturaleza unidimensional o epistemológica concluyen que es frecuente que los estudiantes después de un tiempo regresen a sus ideas iniciales, pueden incluso, responder a las preguntas de las pruebas estandarizadas de manera memorística, por lo tanto, sus resultados de aprendizaje no son muy confiables (Cooper, Corley & Underwood, 2013). Por lo cual, se sugiere estudiar la comprensión de los estudiantes a través de la interpretación de datos provenientes de múltiples fuentes, así mismo, es necesario vincular en el aula actividades cognitivas diferentes a los procesos de

memorización (Margel *et al.*, 2008; Harrison & Treagust, 2001; Adadan, Trundle & Irving, 2010; Adadan & Yavuzkaya, 2018); 2) reconocer la importancia de la dimensión emotiva y de la interacción social y cooperativa en los procesos de cambio conceptual (Pea 1994; Caravita & Haldén, 1994; Basili & Sanford, 1991; y 3) se requiere estudiar con detalle los procesos de cambio conceptual en la población Universitaria en tanto ha sido poco explorada en los estudios realizados. Cabe resaltar que los temas en el área de la química que más se han estudiado han sido: átomo, estructura de la materia, naturaleza particulada de la materia. Derivado de lo anterior, se propone avanzar en el estudio de temas o de fenómenos bioquímicos, que, por ejemplo, implican la comprensión de conceptos nucleares en biología y en química, para poder comprender dichos fenómenos.

Por último, este análisis da cuenta que los tipos de lenguajes o modos semióticos a través de los cuales se han rastreado y analizado las ideas y comprensiones de los estudiantes han sido, el lenguaje visual, oral y escrito, consideramos que estos estudios (Posner, Strike, Hewson & Gertzog 1982; Margel, Eylon & Scherz, 2008; Adadan, Trundle & Irving, 2010; She & Liao, 2010; Talanquer, 2010; Taber & Tan, 2011; Hadenfeldt, Liu & Neumann, 2014; Adadan & Yavuzkaya, 2018; Freire, Talanquer & Amaral, 2019), han dado cuenta declarativamente de los procesos de cambio conceptual. Por ejemplo, el lenguaje oral se analiza a través de la información proporcionada por entrevistas estructuradas y semiestructuradas las cuales usualmente se llevan a cabo después de los procesos de enseñanza. El lenguaje visual se ha estudiado, examinando las representaciones pictóricas que construyen los estudiantes frente a una tarea de aprendizaje.

Cabe mencionar que, en la literatura consultada el lenguaje gestual no es analizado. Los gestos son aquellos movimientos de las manos de los brazos

y de otras partes del cuerpo que acompañan y que están directamente vinculados con el discurso oral (Kendon, 1988; Goldin-Meadow, 2004; Kendon, 2004). Para autores como (Roth, 2001; Roth & Lawless, 2002; Callinan, 2014, Novack, Congdon, Wakefield & Goldin-Meadow, 2017) los gestos permiten la externalización de las ideas científicas, convirtiéndose en un puente entre las experiencias concretas en el mundo físico y el uso

lenguaje científico, los gestos amplifican las ideas y por ende el significado. Consideramos de suma importancia, que las investigaciones futuras en cambio conceptual exploren no solo de manera declarativa este proceso, sino que involucren el estudio de todo el rango de modos semióticos como el lenguaje escrito, visual y gestual en el rastreo inicial, intermedio y final de las ideas que los estudiantes sobre los conceptos científicos.

Referencias

- Adadan, E. & Yavuzkaya, M. N. (2018). Examining the progression and consistency of thermal concepts: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 40(4), 371-396. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1423711>
- Amin, T. G., Smith, C. L. & Wisner, M. (2014). Student conceptions and conceptual change: Three overlapping phases of research. In *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 71-95). New York. Routledge. Ciudad. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>.
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Adadan, E., Trundle, K. C. & Irving, K. E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. *Journal of research in science teaching*, 47(8), 1004-1035. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20366>
- Basili, P. A., & Sanford, J. P. (1991). Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 293-304. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280403>
- Bell, B., Brook, A. & Driver, R. (1985). An Approach to the Documentation of Alternative Conceptions in School Students' Written Responses. *British Educational Research Journal*, 11(3), 201-213. <https://doi.org/10.1080/0141192850110301>
- Bodner, G. & Pribyl, J. (1987). Spatial Ability and its Role in Organic Chemistry: A Study Of Four Organic Courses. *Journal Of Research In Science Teaching*, 24(3), 229-240. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.3660240304>
- Chi, M. T., Slotta, J. D. & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*, 4(1), 27-43. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90017-5)
- Clough, E. E., & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70(4), 473-496. <https://doi.org/10.1002/sce.3730700412>
- Chi, M. T. (2009). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. En *International handbook of research on conceptual change* (pp. 89-110). New York. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203874813>

- Caravita, S. & Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 89-111. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90020-5)
- Cooper, M. M., Corley, L. M., & Underwood, S. M. (2013). An investigation of college chemistry students' understanding of structure–property relationships. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6), 699-721. <https://doi.org/10.1002/tea.21093>
- Callinan, C. (2014). *Constructing scientific knowledge in the classroom: a multimodal analysis of conceptual change and the significance of gesture* [Tesis de Doctorado. University of Leicester]. https://leicester.figshare.com/articles/thesis/Constructing_scientific_knowledge_in_the_classroom_a_multimodal_analysis_of_conceptual_change_and_the_significance_of_gesture/10144841/1
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 3-15. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50854/92858>
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490. <https://doi:10.1080/0950069890110501>
- Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-Action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10(1), 37-60. <http://dx.doi.org/10.1080/03057267808559857>
- Driver, R. & Scanlon, E. (1989). Conceptual change in science: A research programme. *Journal of Computer Assisted Learning*, 5(1), 25-36. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1989.tb00195.x>
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1999). Conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova Na Escola*, 5, 31-40. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf>
- Ebenezer, J. V. & Gaskell, P. J. (1995). Relational conceptual change in solution chemistry. *Science Education*, 79(1), 1-17. <https://doi.org/10.1002/sce.3730790102>
- Freire, M., Talanquer, V. & Amaral, E. (2019). Conceptual profile of chemistry: a framework for enriching thinking and action in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 41(5), 674-692. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1578001>
- Furió, C. J. & Furió, C. (2018). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*, 11(3), 300-308. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.3.66442>

- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660412>
- Gilbert, J. K. & Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98. <https://doi.org/10.1080/03057268308559905>
- Gilbert, J.K. & Treagust, D. (Ed.) (2009). Macro, Submicro and Symbolic Representation and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. *Multiple Representation en Chemical Education. Modelos and Modeling in Science Education* 4, 1-7. Printed in United Kingdom and Australia. Editorial Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_1
- Gois, J. & Giordan, M. (2003). Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação estrutural. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, 7, pp. 34-42, 2007. <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/07/a06.pdf>
- Goldin-Meadow, S. (2004). Gesture's role in the learning process. *Theory into practice*, 43(4), 314-321. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4304_10
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2001). Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry. *Instructional Science*, 29(1), 45-85. <https://doi.org/10.1023/A:1026456101444>
- Harle, M. & Towns, M. (2011). A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction. *Journal of Chemical. Education*, 88 (3), pp. 351-360. <https://doi.org/10.1021/ed900003n>
- Hadenfeldt, J. C., Liu, X., & Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education*, 50(2), 181-208. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.945829>
- Johnstone, A. H. (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>
- Kendon, A. (1988). How gestures can become like words. In F. Poyatos (Ed.), *Cross-cultural perspectives in nonverbal communication* (pp. 131-141). Hogrefe & Huber Publishers.
- Kendon, A. (2004). *Gesture: Visible action as utterance*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807572>

- Matthews, M. R. (2004). Thomas Kuhn's impact on science education: What lessons can be learned? *Science Education*, 88(1), 90-118. <https://doi.org/10.1002/sce.10111>
- Margel, H., Eylon, B. S., & Scherz, Z. (2008). A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(1), 132-152. <https://doi.org/10.1002/tea.20214>
- Novack, M. A., Congdon, E. L., Wakefield, E. M., & Goldin-Meadow, S. (2017). Gesture's role in reflecting and fostering conceptual change. In *Converging Perspectives on Conceptual Change* (pp. 97-104). New York. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315467139-13>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Pea, R. D. (1994). *Seeing What We Build Together: Distributed Multimedia Learning Environments for Transformative Communications*. *Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 285-299. https://doi:10.1207/s15327809jls0303_4
- Pozo, J. A., Sanz, A., Crespo, G. & Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1),083-94. <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v9n1/02124521v9n1p83.pdf>
- Pozo, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(3),513-520. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21616>
- Roth, W. M. (2001). Gestures: Their role in teaching and learning. *Review of educational research*, 71(3), 365-392. <https://doi.org/10.3102/00346543071003365>
- Roth, W. M., & Lawless, D. (2002). Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. *Learning and instruction*, 12(3), 285-304. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00023-8)
- Sinatra, G. M., & Pintrich, P. R. (2003). The Role of Intentions in Conceptual Change Learning: Gale M. Sinatra and Paul R. Pintrich. In *Intentional conceptual change* (pp. 10-26). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410606716-5>
- She, H. C., & Liao, Y. W. (2010). Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(1), 91-119. <https://doi.org/10.1002/tea.20309>

- Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of “structure of matter”. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136. <https://doi.org/10.1080/09500690802578025>
- Tamayo-Alzate, Ó. E. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional aplicación al concepto de respiración* (Tesis de doctorado). Universitat Autònoma de Barcelona. <https://hdl.handle.net/10803/4688>
- Tamayo, O, A., E., & Sanmartí, N. (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 1(1), 181-205. <http://revistaumanizales.cinde.org.co/rlnsj/index.php/RevistaLatinoamericana/article/view/338>
- Tamayo, O.E.A (2009). *Didácticas de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales-Colombia. Editorial Universidad de Caldas. <https://editorial.ucaldas.edu.co/product/didactica-de-las-ciencias-la-evolucion-conceptual-en-la-ensenanza-y-el-aprendizaje-de-las-ciencias/>
- Tamayo, O. E. A. (2010). Cambio conceptual transcultural desde una perspectiva integral. *Ánfora*, 17(28), 53-68. <https://doi.org/10.30854/anf.v17.n28.2010.99>
- Tamayo, O. E. A. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 3484-3487. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337618>
- Talanquer, V. (2010). Pensamiento intuitivo en química: suposiciones implícitas y reglas heurísticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 165-174. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/200825/353384>
- Taber, K. S., & Tan, K. C. D. (2011). The insidious nature of ‘hard-core’ alternative conceptions: Implications for the constructivist research programme of patterns in high school students’ and pre-service teachers’ thinking about ionisation energy. *International Journal of Science Education*, 33(2), 259-297. <https://doi.org/10.1080/09500691003709880>

- Tseng, C. H., Tuan, H. L., & Chin, C. C. (2010). Investigating the Influence of Motivational Factors on Conceptual Change in a Digital Learning Context Using the Dual-Situated Learning Model. *International Journal of Science Education*, 32(14), 1853-1875. <https://doi.org/10.1080/09500690903219156>
- Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507- <http://www.laa-lamedilla.org/Investigacion/Recursos/PRISMA%20Spanish%20Sept%202010.pdf>
- Vosniadou, S. (1989). Knowledge restructuring and science instruction. *Center for the Study of Reading Technical Report*, 455. <http://hdl.handle.net/2142/17720>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Vosniadou, S. (2007). Conceptual change and education. *Human development*, 50(1), 47-54. <https://doi.org/10.1159/000097684>
- Vosniadou, S. (Ed.). (2009). *International handbook of research on conceptual change*. New York. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203874813>
- Vosniadou, S. (2017). Initial and scientific understandings and the problem of conceptual change. En *Converging Perspectives on Conceptual Change* (pp. 33-41). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315467139-4>
- Wu, H.K., & Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education*, 88 (3) pp. 465-492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>