

Concepciones de docentes de educación primaria acerca de los materiales químicos y sus cambios

Conceptions of elementary education teachers about the chemical materials and their changes

Concepções de professores de escolas primárias sobre materiais químicos e suas mudanças

Yoli Hernández

yolidcha@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9212-5921>

Rafael Pujol-Michelena

rpujolmich@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1048-6975>

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Centro de Investigación en Ciencias Naturales “Prof. Manuel Ángel González-Sponga” (CICNAT)

Artículo recibido en abril, arbitrado en junio y publicado en septiembre 2020

RESUMEN

Investigación dentro de la modalidad de campo de carácter descriptivo/cualitativo, tuvo como objetivo identificar las necesidades conceptuales de docentes de Educación Primaria en el tema materiales químicos y sus cambios, al ser éste uno de los contenidos más importantes en el Área de Ciencias Naturales y, a la vez, uno de los de mayor complejidad. Para ello se aplicó un cuestionario de respuestas abiertas a 10 docentes, encontrándose que la mayoría tiene un nivel de desarrollo cognoscitivo limitado sobre los conceptos de: sustancia, elemento, compuesto, cambio de estado, proceso de disolución y reacción química. Tales dificultades se presentan tanto en sus concepciones a nivel macroscópico como en sus explicaciones utilizando modelos de partículas. Hallazgos como éste podrían conducir a revisar y fortalecer los programas de formación y actualización de los docentes de Educación Primaria en esta temática.

Palabras clave: Educación Primaria; docentes; concepciones sobre materiales químicos; concepciones sobre cambios en los materiales

ABSTRACT

The purpose of this descriptive / qualitative field research study was to identify the conceptual needs of elementary education teachers in the field of chemical materials and their changes, as this is one of the most important contents in the Natural Sciences Area and, at the same time, one of the most complexity. For this, a questionnaire of open answers was applied to 10 teachers, finding that most of them have a limited level

of cognitive development on the concepts of: substance, element, and compound, change of state, dissolution process and chemical reaction. Such difficulties arise both in their conceptions at the macroscopic level and in their explanations using particle models. Findings such as this could lead to review and strengthen the training and updating programs for elementary education teachers on this subject.

Keywords: *Elementary education, teachers, conceptions about chemical materials, conceptions about changes in materials*

RESUMO

O objetivo desta pesquisa, dentro da modalidade de campo de caráter descritivo / qualitativo, foi identificar as necessidades conceituais de professores de educação básica na área de materiais químicos e suas mudanças, pois esse é um dos conteúdos mais importantes na área de Ciências Naturais e, ao mesmo tempo, um dos de maior complexidade. Para isso, foi aplicado um questionário aberto a 10 professores, constatando que a maioria possui um nível limitado de desenvolvimento cognitivo nos conceitos de: substância, elemento, composto, mudança de estado, processo de dissolução e reação química. Tais dificuldades surgem tanto em suas concepções no nível macroscópico quanto em suas explicações usando modelos de partículas. Achados como esse podem levar à revisão e fortalecimento dos programas de treinamento e atualização para professores de educação básica nessa área.

Palavras chave: *Educação básica, professores, concepções sobre materiais químicos, concepções sobre mudanças nos materiais*

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Primaria constituye una prioridad, ya que hay un consenso internacional sobre la función fundamental que ocupa este campo del conocimiento en las sociedades; así como la necesidad de contribuir con la construcción de las ideas que sobre el mundo van desarrollando los niños y la obligatoriedad que tiene el sistema educativo de sentar las bases para la posterior enseñanza en la escuela secundaria (Harlen, 1998).

Sin embargo, hoy por hoy, son muchos los factores que mantienen estancado el avance hacia una mejor enseñanza de las Ciencias Naturales en Educación Primaria en diversos países, pudiéndose destacar los siguientes aspectos: Los docentes abordan los contenidos de las áreas científicas de forma monótona, por lo que los niños

se desmotivan al no encontrarles conexión con su vida cotidiana (Hernández, 2017; Lugo, 2013); los docentes tienen poca iniciativa y motivación por los temas científicos (Bonilla, 2008); con frecuencia los docentes tienen las mismas concepciones erradas que presentan los propios estudiantes en contenidos científicos fundamentales (Burgoon, Heddle, y Duran, 2010; Kruse y Roehrig, 2005; Lin, Cheng y Lawrenz, 2000; Nixon, Smith, y Sudweeks, 2018); los docentes tienen dificultades de abordar los temas científicos dada su complejidad (García-Ruiz y Orozco, 2008; Hernández, 2017; Kruse y Roehrig, 2005; Lacueva, 1993; Nixon, Smith, y Sudweeks, 2018; Sánchez, 2011).

Centrándonos en los dos últimos aspectos, dentro de los temas de mayor demanda conceptual se encuentra el referido a los materiales químicos y sus cambios, el cual es de mucha importancia para los jóvenes estudiantes, al ayudarles a entender la dinámica de la materia en el ambiente, conocimiento que debe ser una parte fundamental de la cultura científica de cualquier ciudadano (Raviolo, Garritz, y Sosa, 2011; Reyes y Garritz, 2006).

Sobre esta base contextual, la presente investigación tuvo como objetivo: Identificar las necesidades conceptuales de docentes de Educación Primaria en el tema materiales químicos y sus cambios. Diagnósticos como éste pueden coadyuvar en el desarrollo de estrategias para actualizar y mejorar la praxis pedagógica de estos maestros en las clases de Ciencias Naturales, siendo muy pocas las investigaciones sobre cómo conciben los docentes y estudiantes de este nivel educativo los materiales químicos y sus cambios (Burgoon, Heddle, y Duran, 2010; Cássia y da Silva, 2016; Teo, Goh, y Yeo, 2014).

Esta indagación atiende a las concepciones de los docentes consultados sobre los diferentes tipos de materiales químicos tanto a nivel macroscópico como submicroscópico, pues a pesar de que el currículo de Educación Primaria venezolano no contempla el estudio del mundo de los átomos y las moléculas, sus docentes sí deben poseer tales concepciones, para impartir una enseñanza que podamos calificar como científicamente valedera (Taber, 2013; Valanides, 2000).

La formación de los docentes

Los diferentes hallazgos en relación a la formación de los docentes de las escuelas primarias apuntan a la necesidad de prestarle mayor atención a los contenidos en el área de ciencias que se supone deben enseñar (Rice, 2005). No es que se vaya a exigir el mismo nivel de conocimiento que el de especialistas en las diferentes disciplinas (Biología, Química, Física, etc.), pero es necesario que el contenido no sea dejado en un segundo plano (Schibeci y Hickey, 2000).

En el caso específico del estudio por parte de los docentes de educación primaria de los materiales químicos y sus cambios, podría ser un obstáculo que a muchos no les guste la Química (Ryu, Nardo y Wu, 2018). Además, es necesario que en su formación se incluya el estudio del nivel submicroscópico (átomos y moléculas), a fin de que tengan una comprensión más profunda de los fenómenos asociados a los materiales químicos, más allá de que estas explicaciones donde se utilizan modelos de partículas no se incluyan en los programas de educación primaria; y tal necesidad podría convertirse en un escollo adicional dentro de la educación de pregrado que deben recibir los docentes (Ryu, Nardo y Wu, 2018; Schibeci y Hickey, 2000).

Con frecuencia, las concepciones de los docentes no han sido expuestas a situaciones que desafíen su validez, por lo que se sienten cómodos con ellas, transmitiéndoselas a sus estudiantes de manera superficial (Kruse y Roehrig, 2005). Se ha encontrado que cuando los maestros tienen poco conocimiento sobre un tema tienden a ser rígidos, poco receptivos a las ideas de sus estudiantes, no dejándolos hablar y planteándoles preguntas de bajo nivel cognitivo (Nixon, Smith, y Sudweeks, 2018; Valanides, 2000).

En la Educación Primaria se presentan contenidos que permiten explorar y explicar fenómenos naturales a través de la apropiación por parte del aprendiz de teorías y modelos científicos. Para ello es necesario un maestro con una formación sólida en

Ciencias Naturales y su didáctica que permita a sus alumnos reconstruir sus ideas, pensar e indagar, a través de actividades enriquecedoras (Tacca, 2011). Pero, con frecuencia, los planes y programas de las instituciones encargadas de la formación de los futuros docentes presentan diversas debilidades, dándole pocas herramientas que puedan poner en práctica en los salones de clase (Hernández, 2017). Aunado a esto, son pocos los docentes que, una vez graduados, participan en actividades y cursos que les permitan mejorar su enseñanza de la ciencias a lo largo de su vida profesional (Rice, 2005).

Concepciones Sobre los Materiales Químicos y sus Cambios

Es amplia la literatura sobre las concepciones que poseen los estudiantes en relación a los materiales, su naturaleza corpuscular y sus transformaciones. Sin embargo, como se apuntó anteriormente, la mayoría de las investigaciones han atendido a los niveles de educación secundaria y universitaria.

Entre las concepciones erróneas o alternativas sobre los materiales químicos y sus cambios que presentan los estudiantes, podemos destacar las siguientes: Cuando un “material bajo estudio cambia”, cambia el estado de la materia (cambio físico); siempre ocurre una reacción química, al mezclar un compuesto con agua (López, 2009); cuando el agua se congela ocurre un cambio químico; el hierro, cuando está expuesto al aire, forma una capa de cobre; hay sustancias que desaparecen al ponerse en contacto con otras (Arillo, Ezquerro y Fernández, 2013); en los gases no existen espacios vacíos entre las partículas; las propiedades macroscópicas de un metal, como conductividad eléctrica y maleabilidad, también la presentan los átomos que le constituyen; la presión puede modificar la forma de las moléculas (Nakhleh, 1992); una mezcla es un compuesto; los elementos o los compuestos no son sustancias (Ordenes, Arellano, Jara y Merino, 2014)

En estudios realizados con futuros docentes, se ha encontrado que, en relación a los cambios de estado físico, algunos piensan que: la vaporización de un líquido se inicia

sólo cuando comienza su ebullición, la presión de vapor depende de la cantidad de líquido que se tenga y que la presión de vapor es sólo la correspondiente a la que se mide durante la ebullición (Canpolat, Pinarbasi y Sözbilir, 2006). Nakiboğlu y Nakiboğlu (2019), en un estudio con docentes en formación de Turquía, detectaron que al éstos intentar representar reacciones de precipitación, colocan dibujos de partículas del sólido junto con una representación macroscópica del líquido, omitiendo las moléculas de agua. De hecho, en general los futuros docentes presentan grandes dificultades para explicar los materiales químicos y sus cambios utilizando modelos de partículas (Martín, 2001; Ryu, Nardo y Wu, 2018).

En el caso de los docentes en ejercicio, Burgoon, Heddle, y Duran (2010) encontraron que algunos conciben que al evaporarse un líquido en un envase cerrado, el gas que se produce es más liviano que el líquido original, y además consideran que, dejando a un lado la temperatura, algunos objetos son más fríos que otros. Por su parte, Rice (2005) al darle a un grupo de docentes las opciones de -80°C , 0°C y 100°C , más de la mitad respondió que el punto de ebullición del oxígeno es cercano a 100°C , ya que la tendencia es pensar que la ebullición de las sustancias ocurre a altas temperaturas. En una investigación realizada en Chipre, donde participaron 20 maestras de primaria, se encontraron las siguientes concepciones en relación al proceso de disolver sal o azúcar en agua: estos sólidos se irán al fondo al ser más pesados que el agua; si se deja de agitar la disolución, los granos de sal o el azúcar reaparecerán; la sal o el azúcar se derriten y además se forma una nueva sustancia. Igualmente, al plantearles el calentamiento del agua líquida, no conciben que ésta pueda expandirse, y consideran que al ocurrir la ebullición se produce hidrógeno y oxígeno. Además, no diferencian evaporación de ebullición (Valanides, 2000).

Un aspecto muy importante a destacar son las recurrentes dificultades y concepciones erróneas que presentan los docentes al intentar explicar los materiales y sus cambios utilizando los modelos de partículas. Podemos señalar las siguientes: no concebir la estructura atómico - molecular de los materiales (Schibeci y Hickey, 2000); trasladar propiedades macroscópicas de las sustancias a las moléculas (Kruse y

Roehrig, 2005); no poder explicar por qué un líquido permanece en el envase que le contiene y en cambio un gas se expande y se escapa (Leite, Mendoza y Borsese, 2007); no poder explicar el fenómeno de disolución (Leite, Mendoza y Borsese, 2007; Valanides, 2000); no utilizar espontáneamente modelos de partículas para explicar las reacciones químicas (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011); no concebir la conservación de los átomos en las reacciones químicas (Kruse y Roehrig, 2005).

Sobre la base de esta realidad, siempre ha existido la preocupación de que las concepciones alternativas de los docentes, como las aquí expuestas, puedan ser transmitidas a los estudiantes; de allí la importancia del diagnóstico llevado a cabo en la presente investigación.

MÉTODO

El presente trabajo se encuentra dentro de la modalidad de investigación de campo, de carácter descriptivo/cualitativo. En su ejecución, se siguieron las etapas de: elaboración, validación y aplicación de la prueba diagnóstico; para finalmente codificar y analizar las respuestas de los docentes participantes, a fin de elaborar las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados del diagnóstico.

Los participantes en la investigación fueron diez (10) docentes de Educación Primaria, que laboran en Petare, municipio Sucre, estado Miranda, Venezuela.

Para el diseño del cuestionario, de preguntas abiertas, se elaboró una primera versión sobre los conceptos de los principales tipos de materiales y los diversos cambios que en ellos ocurren. Esta versión fue primeramente validada por un experto en lenguaje, y se aplicó en una prueba piloto a tres (3) docentes del municipio Sucre con características semejantes a los docentes objeto de estudio. Ello permitió establecer si se comprendían las preguntas y el tiempo necesario para la aplicación de la prueba. De allí se realizaron los ajustes pertinentes, para así tener la versión definitiva del cuestionario. Éste consta de dos partes. En la Parte I, se pidió al

participante definir: sustancia, elemento, compuesto, cambio físico y cambio químico, solicitándole en cada caso que dé ejemplos de esos conceptos.

Además, se les planteó una situación en la que deben explicar la influencia de la presión atmosférica sobre el proceso de ebullición, dado que la presión es una condición poco evidente a tomar en cuenta en los cambios de estado. En la Parte II, se le solicitó al participante que explicara, mediante un modelo de partículas: los estados físicos, las características de un elemento y de un compuesto, la evaporación, la disolución de un sólido en un líquido y una reacción entre dos sustancias.

Se aplicó la prueba diagnóstica a los diez (10) docentes participantes. Luego de leer las instrucciones, se les entregó la Parte I del cuestionario. Una vez que finalizaron esta primera parte, se les suministró la Parte II. Se siguió esta estrategia para poder detectar si los participantes manifestaban espontáneamente concepciones sobre los materiales y sus cambios utilizando modelos de partículas, o si por el contrario estas concepciones sólo las expresaban a nivel macroscópico.

Las respuestas de los docentes participantes fueron analizadas. De allí se realizó una categorización de las concepciones detectadas. A continuación, se llevó a cabo un análisis de las diferentes categorías y de allí se establecieron las conclusiones e implicaciones de este diagnóstico. Es de hacer notar que para el análisis de las concepciones de los docentes, se utilizaron como referentes las definiciones sobre los diferentes tipos de materiales químicos y sus cambios que aparecen en publicaciones de reconocida calidad científica.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan las respuestas de los docentes a la primera parte del cuestionario, organizadas en categorías conceptuales. A continuación se analizan los resultados en cada uno de los contenidos estudiados.

Análisis de resultados de la primera parte del cuestionario

Concepciones sobre sustancia química

Los docentes-participantes sustentan tres concepciones bastante diferentes de lo que es una sustancia química.

Tres (3) de ellos (D2, D5, D6) indican que “es un compuesto”, apoyando su afirmación a partir de diversos ejemplos: agua (D6), vinagre (D2), y aire (D5), lo que permite establecer que dos de estos docentes (D2 y D5), tienen una concepción equivocada de lo que es sustancia. El docente D6, dentro de la variedad de ejemplos que señala, incluye al elemento plomo, por lo que hace suponer que confunde los conceptos de elemento y compuesto.

Dos (2) docentes (D4, D7) mencionaron que una sustancia “es una mezcla”. El docente D4 coloca como ejemplos: aceite con agua, agua con sal y agua con limón, afianzando con estos ejemplos la idea de que una sustancia es una mezcla. El docente D7 no coloca ejemplos.

Otros dos (2) docentes (D8, D9) señalaron que una sustancia “es un material”, mencionando ejemplos que incluyen de forma indiferenciada: elementos, compuestos y mezclas. El docente D8 propone: sal, vinagre, medicinas, agua y productos de limpieza, mientras que el docente D9 coloca: alcohol etílico y agua oxigenada.

Cuadro 1.- Categorización de las concepciones de docentes de Educación Primaria sobre los diferentes tipos de materiales y sus cambios

| Contenido | Categoría Conceptual | Número de Docentes |
|---|---|---------------------------------------|
| Sustancia química | Es un compuesto | 3 (D2, D5, D6) |
| | Es una mezcla | 2 (D4, D7) |
| | Es un material | 2 (D8, D9) |
| | Sin respuesta | 3 (D1, D3, D10) |
| Elemento químico | Cada uno de los componentes de todas las sustancias que nos rodean | 1 (D8) |
| | Sustancia formada por un solo tipo de material | 1 (D10) |
| | Los materiales que aparecen en la tabla periódica | 4 (D1, D3, D5, D6) |
| | Materia que sufre cambios y es usada para los experimentos | 2 (D4, D9) |
| | Organismos (material) de los compuestos químicos | 1 (D2) |
| | Sin respuesta | 1 (D7) |
| | Compuesto químico | Unión de dos o más elementos químicos |
| Componentes unidos químicamente para formar un solo material | | 1 (D10) |
| Mezclas de elementos y sustancias químicas que generan una reacción | | 1 (D4) |
| Respuesta confusa | | 2 (D1, D3) |
| Sin respuesta | | 2 (D7, D9) |
| Cambios físicos | Transformación que sufre la materia sin afectar su composición química | 1 (D8) |
| | Cambio de estado | 2 (D3, D5) |
| | Cambio de forma de un material (cambio mecánico) | 2 (D1, D9) |
| | Cambio en el color, olor o sabor | 1 (D10) |
| | Concepción que confunde cambio físico con cambio químico | 4 (D2, D4, D6, D7) |
| Cambio químico | Alteración en la composición química de las sustancias | 4 (D5, D8, D9, D10) |
| | Transformación que sufren los materiales | 5 (D1, D2, D3, D6, D7) |
| | Mezcla de una sustancia con otra | 1 (D4) |
| Influencia de la presión atmosférica sobre la ebullición | La altura sobre el nivel del mar influye en la ebullición, sin explicación que utilice principios científicos | 2 (D2, D7) |
| | La altura sobre el nivel del mar no influye en la ebullición | 3 (D4, D5, D9) |
| | Sin respuesta | 5 (D1, D3, D6, D8, D10) |

Tres (3) docentes (D1, D3, D10) no dieron respuesta a la interrogante.

En definitiva, ningún docente da una definición científicamente aceptable de sustancia química.

Concepciones sobre elemento químico

Aquí surgieron variadas ideas, con las que queda en evidencia que los docentes-participantes tienden a tener diversos vacíos conceptuales en cuanto a la definición de elemento químico.

Quien más se acerca a una concepción con cierto grado de validez es el docente D8, al expresar que un elemento químico es "...cada uno de los componentes de todas las sustancias que nos rodea[n]". Este docente da ejemplos valederos como: cromo, magnesio, plomo, hierro y azufre.

Otro docente (D10) indica que un elemento "...es una sustancia formada por un solo tipo de material", por lo que esta persona podría pensar, al menos, que esa "sustancia" no es un compuesto ni una mezcla. No coloca ningún ejemplo.

Cuatro (4) docentes (D1, D3, D5, D6) mencionan que los elementos "...son todos aquellos que se encuentran en la tabla periódica". Esto por supuesto es cierto, pero a final de cuentas no logran definir lo que es un elemento químico. Los sujetos D1 y D3 no colocan ejemplos, D5 escribe: oro, plata y oxígeno, mientras que el docente D6 menciona: carbono, oxígeno y agua, encontrándose, con este último ejemplo, que asume al agua como un elemento.

Dos (2) docentes (D4, D9) hacen alusión a que un elemento "...es toda materia que sufre cambios y es utilizada para la realización de experimentos". Ello, sin lugar a dudas, no define ningún tipo de material. El docente D4 no coloca ejemplos, y el docente D9 escribe: plata, aluminio y cobre.

Por otro lado, un (1) docente (D2) expone que los elementos "...son organismos (material) de compuestos químicos". No queda claro, dada la deficiente redacción, si intenta señalar que los compuestos están formados por elementos. También, llama la

atención el uso que este docente da al término “organismo”, asumiéndolo, por lo visto, como sinónimo de material.

Al intentar dar ejemplos de elementos químicos, algunos docentes (D2, D6) incluyen erróneamente: el agua, las rocas y los minerales.

Por todo lo anterior, se evidencia que ningún docente es capaz de explicar qué es un elemento químico.

Concepciones sobre compuesto químico

En cuanto a la definición de compuesto químico, se tiene que cuatro (4) docentes (D2, D5, D6, D8) dan un concepto cercano al aceptado científicamente al expresar que es la “...unión de dos o más elementos químicos”, aunque no plantean que su composición debe ser constante. Además, el docente (D8) considera que un ejemplo de compuesto es “el agua con sal”, por lo que sus conceptualizaciones tanto de compuesto como de elemento parecieran tener escasa validez científica. Mientras que el docente (D2) plantea en forma correcta: dióxido de carbono y cloruro de sodio. Por su parte (D5) incluye: sal, azúcar y bicarbonato de sodio y (D6) dióxido de carbono, siendo todos, por supuesto, ejemplos valederos.

Un (1) docente (D10) define compuesto químico como: “Componentes unidos químicamente para formar un solo material”, sin precisar cuáles son estos componentes. Además, no colocó ejemplos.

El docente (D4) afirma que los compuestos “...son mezclas de elementos y sustancias químicas que generan una reacción”. Así, en lugar de plantear la unión o enlace químico entre elementos, habla de “mezcla de elementos” y, por lo visto, para este docente los elementos no son sustancias. Llama la atención, además, que para definir un compuesto químico deba asociarlo a “una reacción”. En sus ejemplos coloca lavaplatos y champú, reafirmando con ello la concepción de mezclas.

Dos (2) docentes (D1, D3) plantean definiciones muy confusas y pobremente hilvanadas, tanto desde el punto de vista lingüístico como científico. Por ejemplo, el docente D1 expresa que un compuesto: "...es cuando se trabaja la materia y el compuesto químico no varía".

De todo esto se desprende, que hay una gran dificultad por parte de los docentes participantes en el manejo del concepto de compuesto químico.

Concepciones sobre cambios físicos

Ante todo es necesario aclarar que, como apuntan Raviolo, Garritz y Sosa (2011): "No existe un límite definido entre cambio físico y cambio químico... Como todos los conceptos científicos, estas definiciones provienen de un proceso de clasificación y abstracción del mundo real... que busca simplicidad dentro de la complejidad". Sin embargo, esta clasificación de los cambios en los materiales se incluye en planes y programas de los diferentes niveles educativos.

En relación a cambio físico, un (1) solo docente (D8) expresa un concepto con validez científica, al señalar textualmente: "...es toda transformación que sufre la materia sin afectar su composición química". Da como ejemplos los cambios de estado.

Otros dos (2) docentes (D3, D5) restringen su concepción de cambios físicos a cambios de estado, sin dar ningún otro detalle en su definición. El docente (D3) da como ejemplo: el paso "...del agua al hielo...", usando con ello una expresión coloquial, que tiene como característica suponer que el término "agua" implica que es un líquido, sin especificar, además, que el hielo es agua en estado sólido. Por su parte, el docente (D5) señala como ejemplos de transformaciones físicas a tres cambios de estado: evaporación, sublimación y fusión.

Por otro lado, dos (2) docentes (D1, D9) asocian las transformaciones físicas sólo al “...cambio de forma de un material”, o sea restringen su visión solamente a cambios de tipo mecánico, dando entre otros ejemplos: cuando se corta un papel o se quiebra un vaso de vidrio.

El docente (D10) asocia los cambios físicos a cambios en su color, olor o sabor, idea que puede hacer concluir que este docente confunde cambios químicos con cambios físicos.

La concepción de cambio físico de cuatro (4) de los docentes (D2, D4, D6, D7) podría resumirse con lo expresado textualmente por uno de ellos: “...cuando un material cambia por intervención de alguna otra sustancia o elemento”. Por lo tanto, estos docentes por lo visto no conciben que un material pueda cambiar su estado, sin la intervención de algún otro material, al variar las condiciones de temperatura y/o de presión. De hecho, confunden cambios químicos con cambios físicos, al dar como ejemplos de estos últimos: la producción de plásticos a partir del petróleo, la acción blanqueadora del cloro y la maduración de una fruta.

Concepciones sobre cambio químico

Cuatro (4) docentes (D5, D8, D9, D10) expresan que un cambio químico ocurre “...cuando las sustancias sufren alteraciones en su composición química”, acercándose bastante al concepto. Sin embargo, dos de estos docentes (D8, D9) confunden cambios físicos con cambios químicos, al dar ejemplos cotidianos que incluyen ambos tipos de cambio, como: añadir colorante artificial en un vaso de agua, quitar pintura de uñas con acetona, unir Coca-Cola con bicarbonato de sodio y mezclar agua oxigenada con tinte de cabello. Por su parte, los docentes D5 y D10 proporcionan ejemplos valederos como: oxidación y la quema de papel, azufre o madera.

Cinco (5) docentes (D1, D2, D3, D6, D7) conciben que un cambio químico: es la transformación que “sufren los materiales”, pero no especifican a cuál tipo de material o de cambio se refieren. Una expresión tan genérica como ésta, donde no aparece el concepto de sustancias ni los cambios que en ellas deben ocurrir, no denota la necesaria diferenciación conceptual entre cambio físico y químico.

Por otro lado, uno de ellos (D7) afirma que los cambios químicos se dan de un “...estado físico a un estado químico”, por lo que podría pensarse que está intentando explicar el paso de un estado inicial a un estado final, pero con una notable confusión de términos e ideas, ya que uno de sus ejemplos es hervir el agua.

El docente (D1) planteó la producción de alcohol a partir de uva, y (D3) da como ejemplo la fermentación.

Además, dos (2) de estos docentes (D2, D6) usan el término “elemento” para referirse a los materiales. Se podría pensar, en principio, que ellos tienen la errónea concepción de que los elementos se transforman en una reacción química, cuando ello sólo es posible en una reacción nuclear. Sin embargo esto no es así, pues cuando se contrasta lo anterior con sus concepciones sobre elemento químico, se encuentra que estos dos docentes son quienes conciben que el agua, las rocas y los minerales son elementos químicos, por lo que en la presente respuesta hay un uso genérico del término “elemento” que no coincide, por supuesto, con el concepto científico.

El otro docente (D4) considera que un cambio químico ocurre “...cuando una sustancia se mezcla con otra”, sin especificar qué entiende por “mezclar”. En sus ejemplos coloca: “bicarbonato-vinagre”, “cloro-lavaplatos”, “limón-bicarbonato”, sin explicar por qué los considera cambios químicos.

Concepciones sobre la influencia de la presión atmosférica en la evaporación

Ninguno de los 10 docentes-participantes logra explicar cómo influye la presión atmosférica en el punto de ebullición del agua. De hecho, ninguno logra establecer una conexión entre la altura sobre el nivel del mar de un punto geográfico y la presión atmosférica.

Sólo un docente (D2) señala que a mayor altura sobre el nivel del mar el agua ebulle a una temperatura menor. Un segundo docente (D7) afirma que a diferentes alturas el agua no ebulle a la misma temperatura, sin especificar en cuál caso sería menor este punto de ebullición. Ninguno de estos dos docentes explica el porqué de su afirmación utilizando principios científicos.

Por otro lado, tres docentes (D4, D5, D9) dicen que el agua ebulle a la misma temperatura, sea cual sea la altura sobre el nivel del mar donde se encuentre. Por ejemplo, el docente D5 respondió, en una confusa redacción: “Sí, porque la altura no tiene nada que ver ya que el agua tiene... el mismo [punto de ebullición] donde se encuentre”.

La mitad de los docentes (D1, D3, D6, D8; D10) no responde.

Con los resultados hasta ahora discutidos es importante señalar, que a lo largo de esta primera parte del cuestionario, ninguno de los diez docentes es capaz de dar definiciones de los diferentes tipos de materiales químicos o de los cambios que en ellos ocurren utilizando modelos de partículas. Previendo estos resultados sobre la base de lo que señalan otras investigaciones, en la segunda parte del cuestionario se les propone a los participantes explicar estos fenómenos usando la teoría corpuscular de la materia. En el Cuadro 2 se presentan las concepciones encontradas al respecto. A continuación se analizan los resultados en cada uno de los contenidos estudiados.

Análisis de resultados de la segunda parte del cuestionario

Explicación de los estados sólido, líquido y gaseoso

Solamente un (1) docente (D8) explica a nivel de partículas los estados sólido, líquido y gaseoso de manera bastante consistente con la concepción científica. Dentro de su explicación incluye: Organización de las partículas, distancias que las separan, interacciones o fuerzas que las unen y movilidad. Las únicas debilidades de su representación es que dibuja simultáneamente la visión macro y submicroscópica, al ilustrar en forma continua tanto los bordes del sólido como la superficie del líquido, lo que daría la imagen de una masa continua que contiene a su vez partículas. Además, en el sólido no queda muy clara una mayor organización de las partículas en comparación con las del líquido (gráfico 1).

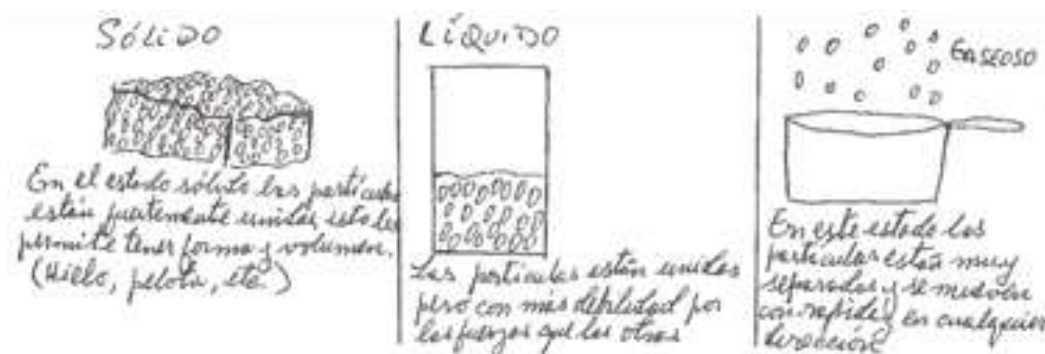


Gráfico 1. Explicación a nivel de partículas de los estados sólido, líquido y gaseoso por parte del docente D8

Cuadro 2. Categorización de las concepciones de docentes de Educación Primaria sobre la naturaleza corpuscular de los materiales químicos

| Contenido | Categoría Conceptual | Número de Docentes |
|--|---|-------------------------------------|
| Explicación de los estados sólido, líquido y gaseoso | Explicación a nivel de partículas, mediante dibujo y texto, que incluye la mayoría de los componentes de la concepción científica | 1 (D8) |
| | Representación mediante dibujo a nivel de partículas, que incluye sólo algunos de los componentes de la concepción científica, sin texto que lo explique | 2 (D4, D6) |
| | Representación mediante dibujo a nivel macroscópico, sin texto que lo explique | 3 (D2, D7, D10) |
| | Ejemplificación mediante texto que incluye objetos, materiales o fenómenos a nivel macroscópico | 1 (D3) |
| | Sin Respuesta | 3 (D1, D5, D9) |
| Explicación de las características de todo elemento químico | Representación mediante dibujo de un átomo, con texto que lo identifica | 1 (D2) |
| | Representación mediante dibujo de una molécula, con texto que la identifica como átomo | 1 (D4) |
| | Sin Respuesta | 8 (D1, D3, D5, D6, D7, D8, D9, D10) |
| Explicación de las características de todo compuesto químico | Representación mediante dibujo de molécula identificada sólo como enlaces | 1 (D4) |
| | Representación mediante dibujo a nivel macroscópico de una mezcla, con texto que la identifica | 1 (D2) |
| | Sin Respuesta | 8 (D1, D3, D5, D6, D7, D8, D9, D10) |
| Explicación de la Evaporación | Representación mediante dibujo a nivel macroscópico y de partículas, con texto que lo explica, utilizando sólo uno de los componentes de la concepción científica | 1 (D10) |
| | Representación mediante dibujo a nivel de partículas, sin texto que lo explique | 1 (D4) |
| | Ejemplificación mediante texto que incluye un fenómeno natural a nivel macroscópico | 1 (D7) |
| | Representación mediante dibujo a nivel macroscópico, con texto que lo identifica o explica | 2 (D2, D6) |
| | Sin respuesta | 5 (D1, D3, D5, D8, D9) |
| Explicación de la disolución de un sólido en un líquido | Representación mediante dibujo a nivel de partículas, sin la mayoría de los componentes de la concepción científica ni texto que la explique. | 1 (D4) |
| | Explicación mediante texto, sin la mayoría de los componentes de la concepción científica a nivel de partículas | 1 (D10) |
| | Representación mediante dibujo a nivel macroscópico, sin texto que lo explique | 2 (D2, D6) |
| | Ejemplificación mediante texto a nivel macroscópico | 2 (D3, D7) |
| | Sin respuesta | 4 (D1, D5, D8, D9) |

Cuadro 2. Categorización de las concepciones de docentes de Educación Primaria sobre la naturaleza corpuscular de los materiales químicos (cont.)

| Contenido | Categoría Conceptual | Número de Docentes |
|--|--|---------------------------------|
| Explicación de una reacción química entre dos sustancias | Representación mediante dibujo a nivel de partículas, sin la mayoría de los componentes de la concepción científica ni texto que la explique | 1 (D4) |
| | Ejemplificación mediante texto a nivel macroscópico | 1 (D2) |
| | Ejemplificación mediante texto de una disolución a nivel macroscópico | 1 (D7) |
| | Sin respuesta | 7 (D1, D3, D5, D6, D8, D9, D10) |

Otro docente (D4) dibuja los tres estados a nivel de partículas, pero sin explicación alguna. De esta representación se puede deducir que visualiza a las partículas del sólido en un empaquetamiento cercano y con cierta organización. En el líquido da la idea de una significativa separación entre éstas. Llama la atención que a las partículas del líquido las representa de forma alargada, mientras que las del gas las dibuja como simples puntos. Cabe especular que, según su concepción las partículas del líquido podrían ser imaginadas como microscópicas gotas, o sea líquidas en sí mismas; idea que ha sido reportada en otras investigaciones. Sin embargo, no hay forma de tener certeza sobre esto último, pues en la respuesta no hay información concreta al respecto (gráfico 2).



Gráfico 2. Explicación a nivel de partículas de los estados sólido, líquido y gaseoso por parte del docente D4

Un tercer docente (D6), de manera poco clara al no incluir un texto explicativo, dibuja un sólido en forma de cubo donde sólo dos de sus bordes (aristas) son representados como constituidos por partículas, pero el resto del material daría la idea de una masa

continua. En el estado identificado como gaseoso, aparece un líquido que desprende partículas, asemejándose más a las burbujas que produce una bebida gaseosa. Por su parte, el líquido sólo aparece representado a nivel macroscópico (gráfico 3).

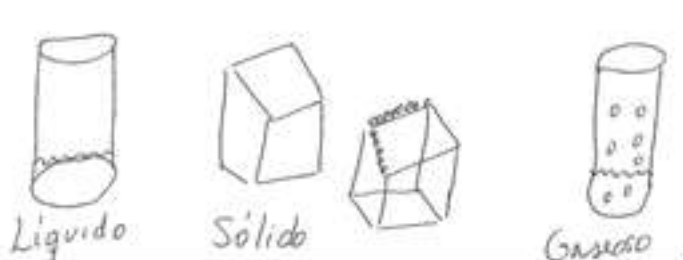


Gráfico 3. Explicación a nivel de partículas de los estados sólido, líquido y gaseoso por parte del docente D6

Ahora bien, la mayoría de los docentes, siete (7) en total, no logra dar explicaciones a nivel corpuscular de los tres estados de agregación. Tres (3) de ellos (D2, D7, D10) sólo realizan dibujos que representan a los materiales a nivel macroscópico; un docente (D3) apenas escribe ejemplos: objetos (silla, mesa y puerta), materiales (agua y refresco) y la evaporación del agua. Mientras, tres (3) docentes (D1, D5, D9) no dan respuesta a la pregunta.

Explicación de las características de todo elemento químico

Un (1) docente (D2) dibuja un átomo cercano a la imagen que científicamente se tiene del modelo de Rutherford, representando el núcleo con sus partículas constituyentes y los electrones girando en órbitas a su alrededor. Sin embargo, al no incluir un texto que lo explique, no se puede saber si tiene realmente nociones sobre la estructura atómica que implica este modelo, o de las partículas subatómicas que él plantea. Además, identifica al dibujo en forma ambigua, al escribir: "Átomos y moléculas" (gráfico 4).

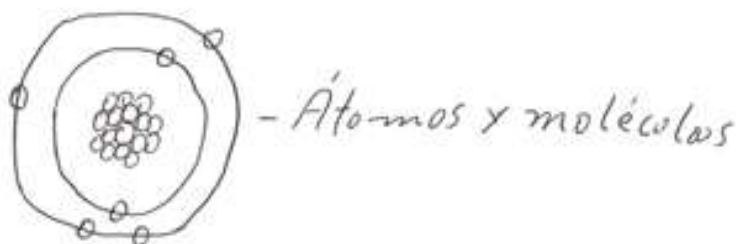


Gráfico 4. Explicación a nivel de partículas de las características de todo elemento químico por parte del docente D2

Un segundo docente (D4) dibuja lo que pareciera el modelo de una molécula con sus enlaces representados mediante barras, como se estila en los modelos aceptados por la comunidad científica; mas lo identifica también de una manera ambigua, al escribir “átomo” y “cadena”. Al no incluir una explicación, es imposible saber si este docente concibe que, con su dibujo, pudiera estar representando una molécula donde todos los átomos pertenecen a un mismo elemento. De hecho, en lugar de usar el término “molécula”, escribe simplemente, como ya se señaló, “cadena” (gráfico 5).

Los ocho (8) docentes restantes no dan respuesta a la interrogante.

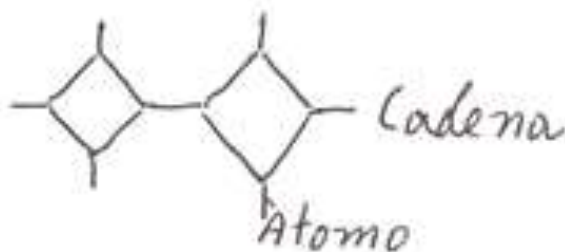


Gráfico 5. Explicación a nivel de partículas de las características de todo elemento químico por parte del docente D4

Explicación de las características de todo compuesto químico

Un docente (D4) dibuja lo que pareciera una molécula. Sin embargo, no usa este término, colocando solamente “enlaces”. Al no haber explicación, no es posible saber si

concibe que este modelo pudiera representar un hidrocarburo, como es aceptado por la comunidad científica (gráfico 6).

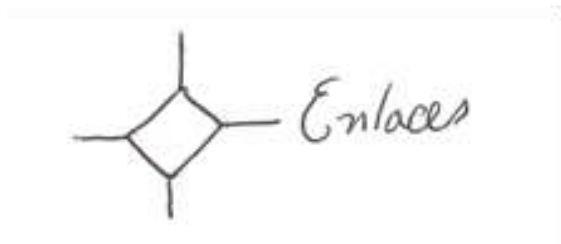


Gráfico 6. Explicación a nivel de partículas de las características de todo compuesto químico por parte del docente D4

Otro docente (D2) dibuja lo que identifica como una mezcla de “azúcar con leche”, a nivel macroscópico. Por lo tanto, pareciera concebir que una simple mezcla sea un compuesto químico.

Los otros ocho (8) docentes no responden a la pregunta.

Explicación de la evaporación

Un docente (D10) presenta un dibujo de la evaporación de un líquido al calentarlo, en el que se observa lo que podría ser la representación de las partículas del gas; mas sin embargo, por la forma alargada que les asigna, también podrían ser pequeñas gotas. Con frecuencia en el fenómeno de la evaporación, se confunde la niebla que a simple vista parece desprenderse (pequeñas gotas de agua condensada) con el verdadero estado gaseoso. Éste podría ser un ejemplo de tal error. Adicionalmente, en un breve texto, el docente señala: “Cuando un líquido se evapora sus partículas poseen gran movilidad”, siendo dicho comentario el único aspecto que toca a nivel submicroscópico, si es que está realmente refiriéndose a lo que vendrían a ser átomos o moléculas (gráfico 7).



Gráfico 7. Explicación a nivel de partículas de la evaporación por parte del docente D10

El docente D4, siendo consistente con su respuesta a una pregunta anterior del cuestionario, representa en forma alargada a las partículas que se supone son del líquido, mientras que a las partículas del gas las muestra mediante puntos. Además, parece concebir que en el líquido las distancias entre las partículas son casi iguales a las que existen entre las partículas del estado gaseoso, diferenciándolas más bien en el tamaño (gráfico 8).

El resto de los docentes no hacen ningún tipo de explicación a nivel de partículas. Tres (3) de ellos (D2, D6, D7) solamente hacen ilustraciones a nivel macroscópico del ciclo del agua. Cinco (5) docentes no responden.



Gráfico 8. Explicación a nivel de partículas de la evaporación por parte del docente D4

Explicación de disolución de un sólido en un líquido

Un docente (D4) ilustra el inicio del contacto de las partículas del líquido con las del sólido, en el proceso de disolución. Sin embargo, no representa lo que finalmente se produce al completarse la formación de la mezcla. No hay texto que explique las interacciones que ocurren entre las partículas (gráfico 9).



Gráfico 9. Explicación a nivel de partículas de la disolución de un sólido en un líquido por parte del docente D4

El docente D10 se remite sólo a señalar que: “Cuando un sólido se disuelve en [un] líquido las partículas tienen gran movilidad”; sin ningún tipo de representación mediante dibujo, ni explicación de las interacciones entre las partículas.

Los otros ocho (8) docentes no dan explicaciones a nivel corpuscular del proceso de disolución. Dos (2) de ellos (D2, D6) simplemente realizan ilustraciones del fenómeno a nivel macroscópico. Por su parte, otros dos (2) docentes (D3, D7) apenas escriben ejemplos como la disolución del bicarbonato en agua, y los otros cuatro (4) no dan ningún tipo de respuesta.

Explicación de una reacción química entre dos sustancias

Sólo un docente (D4) intenta explicar a nivel de partículas lo que ocurre en una reacción química entre dos sustancias. No obstante, apenas ilustra lo que tal vez representaría una molécula en forma de cadena y una especie de esferas que dan

cuenta de la otra sustancia. El dibujo no intenta describir la interacción entre estas partículas, ni hay texto que dé alguna explicación (gráfico 10).

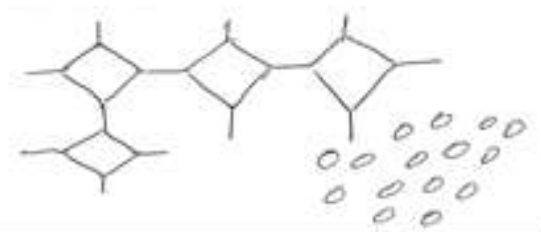


Gráfico 10. Explicación a nivel de partículas de una reacción química entre dos sustancias por parte del docente D4

Los nueve (9) docentes restantes no explican el fenómeno. El docente D2 simplemente da como ejemplo la oxidación de materiales que contienen hierro por acción de las sales marinas, sin intentar explicar dicha reacción. Por su parte, el docente D7 expresa que un cambio químico es: “Cuando se unen por ejemplo: El agua y el azúcar”, por lo que claramente concibe que un proceso de disolución es una reacción química. Los otros siete (7) docentes no dan respuesta.

CONCLUSIONES

- La gran mayoría de los docentes que participó en el diagnóstico no tiene una idea precisa de lo que es una sustancia, un elemento o un compuesto químico.
- Casi la totalidad de los docentes no tiene una clara concepción de lo que es un cambio de estado, un proceso de disolución o una reacción química, y varios de ellos consideran que simples cambios de estado o procesos de disolución son reacciones químicas.
- Ningún docente pudo explicar cómo influye la presión atmosférica en el punto de ebullición.
- Ningún docente utiliza modelos de partículas de manera espontánea en sus definiciones de los diferentes tipos de materiales químicos y sus cambios.

- Con excepción de un docente que muestra concebir la mayoría de los componentes de la explicación de los estados físicos a nivel corpuscular, ningún docente es capaz de explicar, mediante modelos de partículas, los diferentes tipos de materiales ni sus cambios de estado de agregación, así como tampoco los procesos de disolución o las reacciones químicas.

Implicaciones

A pesar del limitado número de docentes que participó en la presente investigación, los hallazgos apuntan hacia la necesidad de revisar y fortalecer la enseñanza de los materiales químicos y sus cambios que reciben los futuros maestros de educación primaria en sus estudios de pregrado; así como hacia la importancia de mejorar los programas de actualización de los docentes en servicio.

REFERENCIAS

- Arillo, A., Ezquerro, A. y Fernández, P. (2013). Las ideas científicas de los alumnos y alumnas de primaria: tareas, dibujos y textos. Madrid: GAMAR
- Bonilla, M. (2008). Necesidad de ecologizar la enseñanza de las Ciencias Naturales. V Encuentro Internacional "Las transformaciones de la profesión docente frente a los actuales desafíos", UPEL Maracay- Venezuela. Recuperado de www.redkipusperu.org/files/10.pdf
- Burgoon, J. N., Heddle, M. L., & Duran, E. (2010). Re-examining the similarities between teacher and student conceptions about physical science. *Journal of Science Teacher Education*, 21(7), 859 – 872
- Canpolat, N, Pinarbasi, T y Sözbilir, M. (2006). Prospective teachers' misconceptions of vaporization and vapor pressure . *Journal of Chemical Education*, 83(8), 1237-1242
- Cássia de, R. y Silva da, J. G. (2016). Elementary school students' conceptions of chemical transformation. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), 24-42
- García-Ruiz, M y Orozco, L. (2008). Orientando un cambio de actitud hacia las ciencias naturales y su enseñanza en profesores de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 539 – 568
- Harlen, W. (1998). Enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Segunda Edición. Madrid: Ediciones Morata, S. L.

- Hernández, Y. (2017). Diseño y validación de una unidad didáctica sobre los materiales químicos y sus cambios dirigida a docentes de Educación Primaria. Trabajo de grado de maestría no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas
- Kruse, R. y Roehrig, G. (2005). A comparison study: Assessing teachers' conceptions with the chemistry concepts inventory. *Journal of Chemical Education*, 82, 8, 1246 - 1250
- Lacueva, A. (1993). ¿Puede la ciencia en la escuela ser más que copia en el pizarrón? *Revista de Pedagogía*, 14(35), 67-82
- Leite, L., Mendoza, J. y Borsese, A. (2007). Teachers' and prospective teachers' explanations of liquid-state phenomena: A comparative study involving three european countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 349–374
- Lin, H-S, Cheng H-j y Lawrenz, F. (2000). The assessment of students and teacher' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77,(2), 235-238
- López, W. (2009). Estudio de la preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Revista de Investigación EDUCERE*, 13 (45), 491-499
- Lugo, B. (2013). La deserción estudiantil ¿Realmente un problema social? *Revista de Postgrado FACE-UC*, 7 (12), 289-309
- Martín, R. (2001). Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 199-215
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196
- Nakiboğlu, C. y Nakiboğlu, N. (2019). Exploring prospective chemistry teachers' perceptions of precipitation, conception of precipitation reactions and visualization of the sub-microscopic level of precipitation reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 873 – 889
- Nixon, R. S., Smith, L. K., y Sudweeks, R. R. (2018). Elementary teachers' science subject matter knowledge across the teacher career cycle. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(6),707-731
- Ordenes, R; Arellano, M; Jara, R. y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46-55
- Raviolo, A., Garritz, A. y Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (3), 240-254.
- Reyes, F. y Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de “reacción química” en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11 (31), 1175-1205

- Rice D. C., (2005). I didn't know oxygen could boil! What preservice and inservice elementary teachers' answers to 'simple' science questions reveals about their subject matter knowledge. *International Journal in Science Education*, 27(9), 1059 – 1082
- Ryu, M., Nardo, J. E. y Wu, M. Y. M. (2018). An examination of preservice elementary teachers' representations about chemistry in an intertextuality- and modeling-based course. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 681- 693
- Sánchez, N. (2011). El desempeño docente en el rendimiento escolar significativo en los niños de educación primaria. Trabajo de grado. Universidad de los Andes "Rafael Rangel". Recuperado de tesis.ula.ve/pregrado/tde_arquivos/25/TDE-2012.../sanchezniany.pdf
- Schibeci, R. y Hickey, R. (2000). Is it natural or processed? Elementary school teachers and conceptions about materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1154 – 1170
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156 – 168
- Tacca, D. (2011). La enseñanza de la ciencia natural en la Educación Básica. *Investigación Educativa*, 14 (26), 139 – 152
- Teo, T. W., Goh, M. T., y Yeo, L. W. (2014). Chemistry education research trends: 2004–2013. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 470–487
- Valanides, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 249 – 262

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de Educación Primaria que tuvieron la disposición de colaborar con esta investigación, a través de su participación en la prueba diagnóstica.