IX CONGRESO INTERNACIONAL sobre Formación de Profesores de Ciencias

Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021
Modalidad On Line – Sincrónico

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. **Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

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

# EXPLICACIONES ESCOLARES RESPECTO AL CONCEPTO DE REACTIVO LIMITANTE

**Autores**. Javier Ignacio Mallea Lobos. Mónica Andrea Iturra Toledo. Mario Roberto Quintanilla Gatica. Yo-Ying Adriana Chen Carrillo. Ana María Herrera Melín. Pontificia Universidad Católica de Chile. jgmallea@uc.cl. Pontificia Universidad Católica de Chile. maiturra@uc.cl. Pontificia Universidad Católica de Chile. mariorqg@gmail.com. Pontificia Universidad Católica de Chile. ychenc@uc.cl. Pontificia Universidad Católica de Chile. anherrerae@uc.cl.

**Tema.** Eje temático 6.

**Modalidad.** 1. **Nivel educativo** media.

**Resumen**. El objetivo principal es identificar las implicancias de la enseñanza tradicional del concepto de reactivo limitante sobre el aprendizaje y entendimiento del estudiantado. Para esto, se analizan explicaciones que elaboran estudiantes de primer año de educación secundaria respecto al concepto de reactivo limitante. Dichas explicaciones se utilizan para identificar dificultades asociadas al aprendizaje del concepto, las cuales se derivan principalmente del enfoque algorítmico que predomina en la enseñanza tradicional del profesorado. Para evaluar las consecuencias de este enfoque, se indaga en las percepciones que tiene el estudiantado hacia el aprendizaje de la química.

**Palabras claves**. Explicaciones, Reactivo limitante, Concepciones alternativas, Percepción.

## Introducción

La enseñanza tradicional de las ciencias se ha enfocado en una perspectiva algorítmica de ejercicios de aplicación que requieren utilizar, principalmente, razonamiento matemático, lo cual desprende una clara consecuencia colateral: la utilización de algoritmos con poca o nula comprensión respecto a los conceptos asociados (Dahsah y Coll, 2008). Lograr una comprensión razonable sobre la estequiometría implica necesariamente el trabajo con los diferentes niveles de representación de la materia (simbólico, macroscópico y microscópico), ya que favorece una aproximación más real al modelo de cambio químico como fenómeno, de reacción química como representación y, además, es de gran utilidad para ilustrar el concepto de reactivo limitante (Caamaño, 2017). Para mejorar la comprensión y el aprendizaje del estudiantado, es necesario promover competencias de pensamiento científico que estimulen retos intelectuales valiosos tales como: justificar, predecir, explicar el cómo y por qué suceden los fenómenos (Quintanilla, 2012; Raviolo y Lerzo, 2016). En esta investigación exploramos, de manera preliminar, cómo a través de la explicación, el estudiantado establece relaciones entre el fenómeno que se observa y los conceptos químicos que se utilizan para interpretarlo.

### Dificultades en el aprendizaje de la estequiometría

En la enseñanza de la estequiometría se evidencia que la dificultad de aprendizaje más frecuente se relaciona con el tránsito y las relaciones entre los distintos niveles de representación de la materia, lo cual conduce a una gran diversidad de concepciones alternativas (Órdenes et al., 2013). Una de las concepciones alternativas clásicas sobre reactivo limitante, tiene sus orígenes en la dificultad de integración de los niveles microscópico-simbólico, y se trata del *identificar como reactivo limitante al reactivo que posee un menor coeficiente estequiométrico o al que se encuentra en menor cantidad* (Huddle y Pillay, 1996, citado en Raviolo y Lerzo, 2016). Otra concepción asociada a esta dificultad se relaciona con entender que *en una reacción química, necesariamente, los reactivos deben encontrarse en las proporciones que indican los coeficientes estequiométricos que se presentan en la ecuación química general* (Gauchon y Méheut, 2007; Raviolo, 2006, citado en Raviolo y Lerzo, 2016), es decir, no existe una relación clara entre la situación inicial del sistema y la

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. **Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

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

ecuación química. Otras dificultades son la falta de integración de los niveles macroscópico-microscópico/simbólico, que se ven reflejadas en las representaciones que crea el estudiantado y en el lenguaje que utiliza para explicarlas, estas suelen presentar la naturaleza de la materia a través de propiedades observables, es decir, se tratan de representaciones más cercanas a dimensiones del mundo real que del mundo corpuscular (Ordenes et al., 2013).

### Tipos de explicación científica escolar

La explicación científica entre otras perspectivas teóricas, es definida por Gilbert, Boulter y Rutherford (2000) como la aplicación de una ley (entendida como generalización universal) bajo condiciones establecidas que predice, ya sea de manera determinista o probabilística, el comportamiento de un fenómeno. Así mismo, establecen cinco categorías de explicación: descriptiva, causal, predictiva, interpretativa e intencional, en esta investigación nos centramos en las tres primeras ( tabla 1).

Tabla 1. Tipos de Explicación Propuestos por Gilbert, Boulter y Rutherford (2000).

| Tipo de explicación | Descripción |
|---|---|
| Descriptiva | Da respuesta a la pregunta *¿Cuáles son las propiedades de este fenómeno?* Se entiende como un resumen o descripción superficial del fenómeno observado, principalmente enfocándose en características macroscópicas y aspectos cotidianos. |
| Predictiva | Da respuesta a la pregunta *¿cómo se comportará el fenómeno en otras condiciones?* Se da la explicación a partir de una predicción de cómo se comportaría el fenómeno si cambian las condiciones. |
| Causal | Da respuesta a la pregunta *¿por qué el fenómeno se comporta como lo hace?* Se establece un vínculo de causa y efecto entre el fenómeno que está ocurriendo y las características de las entidades que participan. |

## Metodología

El sustento del estudio se obtiene del trabajo con estudiantes de primer año de educación secundaria de dos establecimientos educacionales: uno monogénero femenino (CMF) y otro monogenéro masculino (CMM), esto con la finalidad de aumentar la muestra y su heterogeneidad. Ambos establecimientos con modalidad de clases en formato virtual-remoto durante el año 2020 en la ciudad de Santiago de Chile, debido al contexto actual de pandemia mundial. Se utilizaron dos instrumentos: (i) un cuestionario que busca indagar en las primeras aproximaciones del concepto de reactivo limitante y (ii) un test de percepciones hacia las clases de química (en adelante TPQ). Con respecto al TPQ, este se basa en un instrumento propuesto por Neira (2015), el cual es modificado y adaptado por los autores. Consta de 9 enunciados (tabla 2), los cuales son evaluados según una escala de valoración que va desde 1 a 4 (1 indica “totalmente en desacuerdo” y 4 “totalmente de acuerdo”), al finalizar el TPQ se presenta una pregunta de respuesta abierta que pretende conocer con qué aspecto de la vida cotidiana el estudiantado relaciona más la química. Con este instrumento se aspira a conocer las implicancias de la enseñanza de la química del profesorado en el aprendizaje y percepciones del estudiantado, los resultados podrían constituir una base de enseñanza significativa para esta ciencia, en este caso particular, para la enseñanza del concepto de reactivo limitante. Respecto al cuestionario sobre aproximaciones al concepto reactivo limitante (desde ahora, CRL), consta de tres interrogantes: las 2 primeras pretenden evidenciar la comprensión del fenómeno en función de la integración de los tres niveles de representación; mientras que la tercera, interpretar y explicar el fenómeno relacionando las representaciones a un nivel macroscópico y simbólico (tabla 3).

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. **Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

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

Tabla 2. Enunciados del Test de Percepciones Hacia las Clases de Química.

| Enunciado | Descripción |
|---|---|
| 1 | La asignatura de química es fácil de aprender. |
| 2 | El aprendizaje en química se basa en razonamiento matemático. |
| 3 | Para aprender química basta con memorizar fórmulas. |
| 4 | Lo que he aprendido en las clases de química me será útil en el futuro. |
| 5 | La química trata fenómenos y problemas alejados de la realidad. |
| 6 | Las clases de química me ayudan a comprender el mundo que me rodea. |
| 7 | El vincular la química a la vida cotidiana favorece mi aprendizaje. |
| 8 | Las clases de química me despiertan la curiosidad sobre el mundo. |
| 9 | Lo que estudiamos en química es interesante y útil para la vida cotidiana. |

Tabla 3. Preguntas Asociadas a Cuestionario Primeras Aproximaciones al Concepto de R.L

| Pregunta | Descripción |
|---|---|
| 1 y 2 | Imagina que estás observando un globo de los deseos: La figura a continuación, representa la mezcla de los reactivos (parafina ($CH_4$) y oxígeno ($O_2$)) que se encuentran reaccionando según la siguiente ecuación de combustión: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ ¿Cuál de las siguientes figuras crees que representa mejor la situación final de la reacción? |
| 3 | A partir de tus respuestas anteriores, ¿cómo explicarías la relación existente entre la proporción inicial de los reactantes, en las dos situaciones planteadas anteriormente, y el transcurso de la reacción química (productos finales)? Para esto, piensa en la siguiente situación *"¿Por qué el globo de los deseos desciende luego de haberse elevado por un tiempo?"* |

Para el caso del TPQ, este se aplica en ambos establecimientos: en CMF, 98 estudiantes y en CMM, 47. El CRL se aplica únicamente en el CMF debido a las limitaciones del contexto (76 estudiantes).

## Análisis de resultados

Se obtienen dos grandes grupos de resultados: (i) percepciones que tiene el estudiantado hacia las clases de química y (ii) primeras aproximaciones que tiene el estudiantado sobre el concepto de R.L. En la tabla 4, se presenta una síntesis sobre las evaluaciones realizadas por el estudiantado respecto a los enunciados del TPQ.

Tabla 4. Síntesis de Resultados Evaluación de Enunciados.

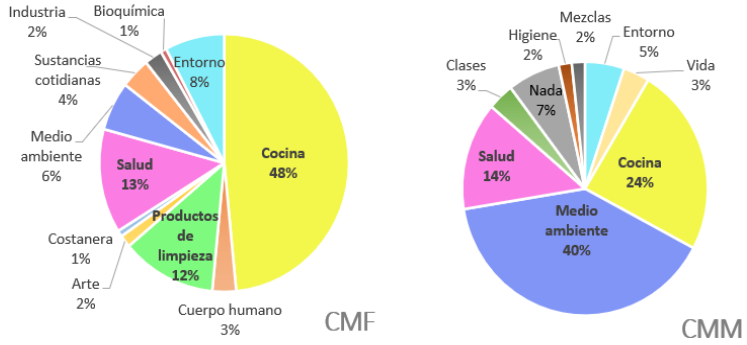
| Enunciado | Parcial o totalmente de acuerdo | | Parcial o totalmente en desacuerdo | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | CMF 55% | CMM 58% | CMF 45% | CMM 42% |
| 2 | CMF 87% | CMM 83% | CMF 13% | CMM 17% |
| 3 | CMF 54% | CMM 62% | CMF 46% | CMM 38% |
| 4 | CMF 73% | CMM 70% | CMF 27% | CMM 30% |
| 5 | CMF 36% | CMM 23% | CMF 64% | CMM 77% |
| 6 | CMF 71% | CMM 72% | CMF 29% | CMM 28% |
| 7 | CMF 80% | CMM 62% | CMF 20% | CMM 38% |
| 8 | CMF 67% | CMM 70% | CMF 34% | CMM 30% |
| 9 | CMF 68% | CMM 62% | CMF 32% | CMM 38% |

Respecto a los resultados obtenidos en la pregunta tipo abierta al final del TPQ, se puede evidenciar que, en ambos establecimientos, el estudiantado es capaz de vincular la química a algún aspecto cotidiano significativo (Fig.1).

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. **Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

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

Figura 1. Gráficos Resumen Resultados Test de Percepciones




En la tabla 5, se presentan los resultados obtenidos en las preguntas 1 y 2 del cuestionario sobre primeras aproximaciones al concepto R.L.

Tabla 5. Resumen Resultados Obtenidos en Pregunta 1 y 2 del CRL

| Resultados pregunta 1 | | |
|---|---|---|
| | Selección representación correcta (alternativa B) | Selección representación incorrecta (alternativa A o C) |
| N° estudiantes | 18 (-- 24%) | 57 (-- 76%) |
| Noción R.L | Si = 13 (-- 72%)<br>No = 5 (-- 28%) | Si = 19 (-- 33%)<br>No = 38 (-- 67%) |
| Criterios representativos en justificación | *Relaciones estequiométricas y proporción.*<br>*Conservación de la materia.* | *Todos los reactivos se transforman en productos.*<br>*Los productos están determinados por la ecuación química.*<br>*La reacción se detiene pero no influyen las cantidades de reactantes.* |
| **Resultados pregunta 2** | | |
| | Selección representación correcta (alternativa C) | Selección representación incorrecta (alternativa A o B) |
| N° estudiante | 16 (-- 24%) | 50 (-- 76%) |
| Noción R.L | Si = 10 (-- 63%)<br>No = 6 (-- 37%) | Si = 12 (-- 24%)<br>No = 38 (-- 76%) |
| Conceptos representativos en justificación | *Relaciones estequiométricas y proporción.*<br>*Conservación de la materia.* | *Todos los reactivos se transforman en productos.*<br>*Los productos están determinados por la ecuación química.*<br>*La reacción se detiene pero no influyen las cantidades de reactantes.* |

Como se observa, existe dificultad para seleccionar la representación microscópica adecuada al fenómeno (24%). Además, se da cuenta que no todas las estudiantes que seleccionan la alternativa correcta comprenden la noción de R.L, de la misma forma, se observan porcentajes de estudiantes que seleccionan una representación microscópica inadecuada al fenómeno, pero que sí comprenden la noción de R.L. Finalmente, para analizar las explicaciones obtenidas en la pregunta 3 del cuestionario, se diseñan y establecen 3 criterios específicos de clasificación para cada tipo de explicación, en este caso nos enfocamos únicamente en dos tipos: **Explicación de Tipo Descriptiva** (Tabla 6) y **Explicación de Tipo Causal** (Tabla 7).

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. **Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

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

Tabla 6. Criterios de Clasificación para Explicación de Tipo Descriptiva.

| Criterio | Descripción |
|---|---|
| General | La explicación se trata de una descripción a nivel macroscópico, microscópico o simbólico de la situación problemática y de sus propiedades. |
| Relaciones | No se establece ninguna relación a nivel microscópico o simbólico, sólo a nivel macroscópico. Las relaciones que se establecen responden a aspectos observables del fenómeno, es decir, a una descripción. |
| Conocimiento | La explicación se basa principalmente en conocimiento cotidiano (relaciones a nivel macroscópico), aunque también se puede evidenciar conocimiento científico (descripciones a nivel microscópico o simbólico). |

Atendiendo a la aplicación de los criterios establecidos en la tabla 6, se puede mencionar el siguiente ejemplo concreto representativo de este tipo de explicación: E5: "*desciende ya que* ***el combustible se acaba y deja de ascender****, es como cuando a los automóviles se les acabó el combustible y quedan parados".* Se evidencia una relación a nivel macroscópico: agotamiento combustible-descenso del globo.

Tabla 7. Criterios de Clasificación para Explicación de Tipo Causal.

| Criterio | Descripción |
|---|---|
| General | La explicación se basa en un relato del porqué ocurre el fenómeno estudiado, utilizando para esto los niveles macroscópico, microscópico y/o simbólico. |
| Relaciones | Se establecen relaciones causales entre el fenómeno estudiado y su explicación respaldada en conocimiento científico. |
| Conocimiento | La explicación se basa principalmente en conocimiento científico. |

Atendiendo a la aplicación de los criterios establecidos en la tabla 7, se puede mencionar el siguiente ejemplo concreto representativo de este tipo de explicación: E25: "*Yo creo que el globo de los deseos desciende luego de un tiempo, porque* ***la parafina se agota, lo que causa que ya no haya la reacción química*** *que hacía que el globo de los deseos flotara,* ***siendo la parafina un reactivo limitante*** *ya que es el que se acaba antes".* Se observa la incorporación de la relación entre el transcurso de una reacción química y la cantidad de reactantes disponibles, la cual es considerada una relación de tipo causal adecuada para el fenómeno, considerando que se trabaja con el nivel de primer año de secundaria. Al analizar todas las producciones obtenidas, un total de 40 estudiantes, favorecen la *explicación descriptiva* (60%), 17 estudiantes que favorecen la explicación predictiva (25%) y 10 que favorecen la explicación de tipo causal (15%), un 90% de estas últimas fueron entregadas por estudiantes que no poseen noción de R.L en las preguntas 1 y 2.

## Discusión

Respecto a los resultados obtenidos en el TPQ , la mayoría del estudiantado piensa que la asignatura de química es fácil de aprender, y esto se vincula con la concepción de que la química se basa en razonamiento matemático y que sólo basta con memorizar fórmulas para poder comprenderla. Así, se evidencia que la metodología y forma de enseñanza del profesorado influye de manera significativa en la percepción de la naturaleza de la química. Por otra parte, el estudiantado de ambos colegios, considera la química como algo que es parte del diario vivir y, por lo tanto, útil e interesante para comprender y explicar el mundo. Estos resultados podrían relacionarse con la metodología de enseñanza que imparte el profesorado, pues, en ambos colegios se trabaja con la ejemplificación en base a situaciones cotidianas. Esta orientación hacia el aprendizaje de la química contribuye de manera positiva y significativa, ya que la mayoría del estudiantado se encuentra

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. **Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

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

total o parcialmente de acuerdo en que el vincular la química a la vida cotidiana favorece el aprendizaje. Respecto a los resultados del CRL, la mayor dificultad se encuentra asociada a las preguntas de selección de representaciones microscópicas y explicación. Ello se condice con la literatura ya que, al parecer, las principales dificultades se derivan de la falta de integración entre los niveles de representación, pues la mayoría del estudiantado no logra seleccionar la representación microscópica adecuada y, si lo logra, no todos comprenden la noción de R.L en su explicación, por lo que no descartamos el azar en sus respuestas. Destacamos que un porcentaje importante de estudiantes, aun cuando seleccionan una representación microscópica inadecuada, comprenden la noción de R.L, lo cual indica que, si bien existe una idea general adecuada de un fenómeno a nivel macroscópico, no se logran establecer relaciones de éste con sus propiedades a un nivel simbólico o microscópico. Finalmente, en la pregunta 3, que requiere del trabajo conjunto de los niveles macroscópico y simbólico, la mayoría del estudiantado si comprende la noción de R.L. Un número importante de estudiantes que no comprenden la noción de R.L en las preguntas 1 y 2, si lo hacen en la pregunta 3. De esto último se podría establecer que, si bien las mayores dificultades se deben a la falta de integración de los niveles de representación, esta dificultad se acrecienta cuando se ve involucrado el nivel de representación microscópico. Profundizando en las explicaciones generadas por el estudiantado, se evidencia que se favorecen principalmente explicaciones de tipo descriptivas cuando se estudian fenómenos de naturaleza significativo-cotidiana, lo que podría deberse a que el estudiantado logra imaginar y pensar el fenómeno a partir de sus propiedades observables. Ello deja en evidencia que sus explicaciones sean más cercanas al mundo real que al corpuscular, ya que la mayoría de las explicaciones fueron escritas bajo un lenguaje de tipo cotidiano, simple y en ocasiones poco coherente.

## Conclusiones

A partir de los resultados de nuestra investigación exploratoria nos parece y queda en evidencia que la enseñanza tradicional de la estequiometría es compleja de aprender y tiene consecuencias para el estudiantado; todas las investigaciones en didáctica de la química dejan en evidencia que un enfoque algorítmico se desentiende de la comprensión de los fenómenos científicos que normalmente están instalados en el curriculum chileno. Para promover el aprendizaje de la química se hace necesario intencionar, promover, y desarrollar habilidades cognitivo lingüísticas o competencias de pensamiento científico que signifiquen desafíos intelectuales valiosos, los cuales acentúan su valor formativo, si se encuentran contextualizados a situaciones de la vida cotidiana de interés para el estudiantado; ya que según los resultados de nuestra investigación este tipo de enfoque estimula y motiva a comprenderla como una disciplina relevante, estimulando de manera sistemática, continua y permanente la motivación de quienes la aprenden.

Por otra parte, en el análisis de las producciones estudiantiles, se evidencia una clara tendencia a explicaciones de tipo descriptivas, lo que se traduce en dificultades de comprensión del concepto de R.L debido, nos parece, a una poca o reducida capacidad de relacionar el tránsito entre los distintos niveles de representación. Ello se traduce normalmente en una herramienta tradicional para visualizar y comprender los fenómenos de manera macroscópica o en base a conocimientos relacionados al quehacer cotidiano. A partir de esto, creemos queda en evidencia un desafío claro para el profesorado: intencionar y promover, progresivamente, el trabajo con los distintos niveles de representación de la materia en la temática de reactivo limitante, de esta forma se podría facilitar el tránsito y la relación entre niveles, lo que favorecería la comprensión de los fenómenos que se observan en el mundo real.

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. **Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

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

## Referencias bibliográficas

Caamaño, A. (2017). Formas y niveles de representación de las reacciones químicas: Un instrumento esencial para la comprensión del cambio químico. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales,* (90), 8-16.

Dahsah, C., y Coll, R. (2008). Thai grade 10 and 11 Student's understanding of stoichiometry and related concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education, 6*(3), 573-600.

Gilbert, J., Boulter, C., y Rutherford, M. (2000). Explanations with Models in Science Education. In: Gilbert, J., y Boulter, C. (Eds), *Developing Models in Science Education*. (pp.193-208). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Moreira, M. (2012). ¿Al final, qué es el aprendizaje significativo? *Qurriculum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa, 25*, 29-56.

Neira, G. (2015). *Actitud de los alumnos hacia la asignatura de química en el rendimiento académico: investigación diagnóstica y propuesta de innovación pedagógica*. Universidad del Bío-Bío, Facultad de Educación y Humanidades.

Órdenes, R., Arellano, M., Jara, R., y Merino, C. (2013). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación química, 25*(1), 46-55.

Quintanilla, M. (2012) La investigación en evaluación de Competencias de Pensamiento Científico desde la formación continua del profesorado. Algunas directrices epistemológicas. En F. Angulo, L. Díaz, C. Joglar, A. Joglar, E. Ranaval & M. Quintanilla (Eds.), *Las Competencias del Pensamiento Científico desde 'las voces' del aula* (pp. 47-82). Santiago, Chile: Editorial Bellaterra Ltda.

Raviolo, A., y Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación química, 27*(3), 195-204.