



## Explicaciones escolares respecto al concepto reactivo limitante

### *School explanations about the limiting reagent concept*

Mónica Andrea Iturra Toledo,<sup>1\*</sup> Javier Ignacio Mallea Lobos,<sup>1</sup> Mario Roberto Quintanilla Gatica,<sup>2</sup> Yo-Ying Chen Carrillo<sup>2</sup> y Ana María Herrera Melin<sup>2</sup>

Recepción: 29-01-2021

Aceptación: 27-06-2021

#### Resumen

El objetivo principal es analizar explicaciones que elaboran estudiantes de primer año de educación secundaria respecto al concepto de reactivo limitante. Dichas explicaciones se utilizan para identificar dificultades y concepciones alternativas asociadas al aprendizaje del concepto, derivadas principalmente del enfoque algorítmico de la enseñanza. Para evaluar las consecuencias de este enfoque, se indaga en las percepciones que tiene el estudiantado hacia el aprendizaje de la química. Los resultados obtenidos demuestran una tendencia de tipo explicación descriptiva, basada principalmente en conocimiento cotidiano.

#### Palabras clave

Explicaciones, Reactivo limitante, Concepciones alternativas, Percepción.

#### Abstract

The main objective is to analyze explanations elaborated by first year high school students regarding the concept of limiting reagent. These explanations are used to identify difficulties and alternative conceptions associated with the learning of the concept which are mainly derived from the algorithmic approach to teaching. In order to evaluate the consequences of this approach, the perceptions of the students towards the learning of chemistry are investigated. The results obtained show a tendency towards descriptive explanations, based mainly on everyday knowledge.

#### Keywords

Explanations, Limiting reactive, Alternative conceptions, Perceptions.

<sup>1</sup> Pedagogía en Educación Media en Química en la Pontificia Universidad Católica de Chile. \*Correspondencia: [maiturra@uc.cl](mailto:maiturra@uc.cl).

<sup>2</sup> Facultad de Educación Pontificia Universidad Católica de Chile.

## Introducción

En la actualidad, existe un consenso internacional sobre la relevancia que tiene la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, principalmente, debido a una nueva finalidad de educar a una ciudadanía con conocimientos científicos, capaces de participar en debates racionales sobre temas de importancia científica y social, respondiendo así a los fines de la alfabetización científica (Dahsah y Coll, 2008). Sin embargo, a pesar de reconocer la importancia de alcanzar estas finalidades, la educación científica se considera como un área problemática pues resulta difícil enseñarla y, al mismo tiempo, aprenderla (Dahsah y Coll, 2008). Esto se debe a que la educación escolar se ve enfocada tradicionalmente por evaluaciones estandarizadas, donde se prioriza la memorización, favoreciendo una comprensión descontextualizada de la ciencia y un escaso desarrollo de competencias de pensamiento científico y/o habilidades científicas y de pensamiento crítico que permitan al estudiantado interpretar y modelizar el mundo teóricamente aprendiendo a explicarlo, argumentarlo y justificarlo, entre otras finalidades (Cofré *et al.*, 2015; Quintanilla *et al.*, 2014, 2020).

En el contexto de las clases de química, la situación problemática descrita puede ser evidenciada en el aprendizaje de la estequiometría, y en particular, en la comprensión del concepto de reactivo limitante. La enseñanza tradicional 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; Moreno *et al.*, 2009). 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, argumentar, predecir, explicar el cómo y por qué suceden los fenómenos químicos (Quintanilla, 2012; Raviolo y Lerzo, 2016). En esta investigación, que surge de nuestra práctica profesional exploramos, de manera preliminar, cómo a través de la explicación, el estudiantado de secundaria establece relaciones entre el fenómeno que se observa y los conceptos químicos que se utilizan para interpretarlo. Formulamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo explica el estudiantado reactivo limitante dentro de un contexto cotidiano significativo? Para responderla, a partir de la evidencia que surge del aula contrastamos en la literatura especializada investigaciones similares que nos permiten orientar el análisis inicial.

### Dificultades de aprendizaje de estequiometría

En la enseñanza de la estequiometría se evidencia que la dificultad de aprendizaje más frecuente del estudiantado se relaciona con el tránsito entre los distintos niveles de representación de la materia para establecer relaciones entre estos, 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 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). Otra concepción alternativa clásica es pensar que todos los reactivos se transforman en productos, lo cual se asocia a la dificultad de razonamiento relativo a las masas reaccionantes (Barker, 1995, citado en Kind, 2004).

En esta investigación de aula, se intenciona el trabajo con preguntas problematizadoras que involucren la integración de los tres niveles de representación, para lo cual promovemos y desarrollamos la explicación científica en el estudiantado.

### Explicación científica y tipos de explicación científica escolar

En la enseñanza de las ciencias naturales es habitual presentar conceptos y teorías en forma de conclusiones, lo cual dificulta que el estudiantado pueda razonar e identificar las problemáticas y/o necesidades que generaron el trabajo científico (Jiménez & Puig, 2010), en este sentido, consideramos valioso promover preguntas problematizadoras y habilidades cognitivo-lingüísticas en el estudiantado. La literatura especializada en didáctica de las ciencias nos proporciona diferentes marcos teóricos acerca del concepto de explicación. Martins *et al.* (1999) consideran que este tema no se ha tratado como un objeto de investigación sistemática en el área de la educación científica, pues no se ha considerado como algo que se pueda comprender, aprender o enseñar fácilmente. Ogborn (1998) plantea la necesidad de concebir una teoría de lenguaje compartido que sea capaz de cubrir las necesidades de la tarea de explicación, concibiéndola más bien como un relato en el cual influyen diferentes factores, entre ellos las *relaciones de causalidad entre fenómenos*. Por su parte, Gilbert *et al.* (2000) profundizan estas relaciones y establecen distintas categorías de explicación. Para efectos de esta investigación se decide basar el análisis de las producciones estudiantiles bajo la perspectiva de las categorías de explicación propuestas por Gilbert *et al.* (2000), debido a las limitantes del contexto que se interviene, lo cual será profundizado en apartados posteriores.

La explicación científica entre otras perspectivas teóricas, es definida por Gilbert *et al.* (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 bajo observación. 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.

No hay buenas ni malas explicaciones, ya que esto depende de las circunstancias y del tipo de pregunta al que se enfrenta el estudiante (Gilbert *et al.*, 1998, citado en Concari, 2001). Para que la promoción y desarrollo de la explicación científica escolar sea realmente desarrolladora del aprendizaje, es necesario que el fenómeno que se enseña forme parte del mundo real y contextualizado al entorno próximo del estudiantado; lo que significa repensar las explicaciones científicas con la finalidad de promover una comprensión de la ciencia que no estimule únicamente la comprensión de conceptos aislados, sino la de objetos, eventos y acciones del mundo real (Martins *et al.*, 1999). Así, se estimula la motivación para solucionar y enfrentar auténticos problemas científicos escolares, debido a que existe una aplicación o utilidad directa en el entorno diario y una orientación cognitiva más interesante para el alumno (Labarrere, 2012; Pinto, 2008, citado en Marcano, 2015; Caamaño 2007).

### Aprendizaje contextualizado

Diversas investigaciones nos entregan evidencias sugerentes de cómo el contexto, las condiciones, ambientes y circunstancias sociales son “variables importantes que interactúan con las características individuales para promover el aprendizaje y el razonamiento” (Heckman y Weissglass, 1994, citado en Rioseco y Romero, 1997, p.256). En los últimos años, el aprendizaje contextualizado se ha convertido en una alternativa de enseñanza que promueve aprendizajes significativos en el estudiantado. Ello, debido a que los nuevos conocimientos van adquiriendo significados a través de la interacción con conocimientos ya existentes en la estructura cognitiva de la persona que aprende (Moreira, 2012).

Para Solsona (2015), la ciencia, entendida como una actividad humana, “se encuentra moldeada por las condiciones económicas, sociales y culturales de la sociedad donde se desarrolla y por las condiciones personales de los miembros de la comunidad científica” (p.74). En este sentido, las personas que aprenden no lo hacen de manera aislada, sino que lo hacen integradas en un contexto social que le da sentido a lo que aprenden, es decir, el conocimiento humano es un conocimiento contextualizado en esencia (Solsona y Izquierdo, 2003). Este sustento nos invita a valorar el conocimiento cotidiano que no debe ser excluido del conocimiento científico (Solsona, 2015).

## Contexto a intervenir

El sustento del estudio se obtiene del trabajo con estudiantes de primer año de educación secundaria (14-15 años) de dos establecimientos educacionales: uno monogénero femenino (CMF) y otro monogénero masculino (CMM), ambos con características particulares de cada establecimiento (tabla 2) y 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. Ello constituye por cierto, una limitación de esta investigación, pero a la vez una oportunidad diferente de promover aprendizajes competenciales.

Colegio monogénero femenino (CMF)	Colegio monogénero masculino (CMM)
Clases semanales de 45 minutos	Clases semanales de 45 minutos
Tareas formativas obligatorias cada semana	Tareas semestrales sumativas (dos)
Utilización constante de ejemplos cotidianos en su enseñanza.	Utilización de ejemplos cotidianos en su enseñanza.
Al momento de implementar los instrumentos se estaba estudiando la unidad de estequiometría.	Al momento de implementar los instrumentos se estaba estudiando la unidad de química inorgánica.

**TABLA 2.** Distinciones de los contextos a intervenir.

## Instrumento de recogida de datos

Para abordar la investigación se propone la implementación de dos instrumentos: (i) un cuestionario que tiene por objeto indagar en las primeras aproximaciones del concepto de reactivo limitante y (ii) un test de percepciones hacia las clases de química.

Con respecto al test de percepciones, este se basa en un instrumento propuesto por Neira (2015) en su tesis de grado de Magíster en Pedagogía para la Educación Superior, el cual es modificado y adaptado según las necesidades requeridas para nuestra investigación. A grandes rasgos, este instrumento consta de nueve enunciados sobre percepciones hacia las clases de química escolar (tabla 3).

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.** Enunciados del test de percepciones hacia las clases de Química.

Estos enunciados deben ser evaluados por el estudiantado según una escala de valoración que va desde 1 a 4 (1 indica “totalmente en desacuerdo” y 4 “totalmente de acuerdo”). Además, al finalizar el test, se presenta una pregunta de respuesta abierta, que pretende conocer con qué aspecto de la vida cotidiana el estudiantado relaciona más la química (“¿Con qué parte de tu entorno cotidiano vinculas más la química? ¿Por qué?”).

Respecto al cuestionario sobre aproximaciones al concepto **reactivo limitante** (desde ahora, R.L), consta de tres interrogantes: las dos primeras tienen por objetivo evidenciar la comprensión del fenómeno bajo estudio en función de la integración de los tres niveles de representación; mientras que la tercera pregunta busca que el estudiantado interprete y explique el fenómeno relacionando las representaciones a un nivel macroscópico y simbólico (tabla 4). Para una mejor visualización, revisar anexo 1.

**TABLA 4.** 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 <sub>4</sub> ) y oxígeno (O <sub>2</sub> )) que se encuentran reaccionando según la siguiente ecuación de combustión: CH <sub>4</sub> + 2O <sub>2</sub> → CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O  ¿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 reactivos, 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 test de percepciones hacia las clases de química, este se aplica en ambos establecimientos: en CMF, 98 estudiantes y en CMM, 47. El cuestionario sobre R.L se aplica únicamente en el CMF (76 estudiantes).

## Análisis de resultado

Una vez implementados los instrumentos de recogida de datos, 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.

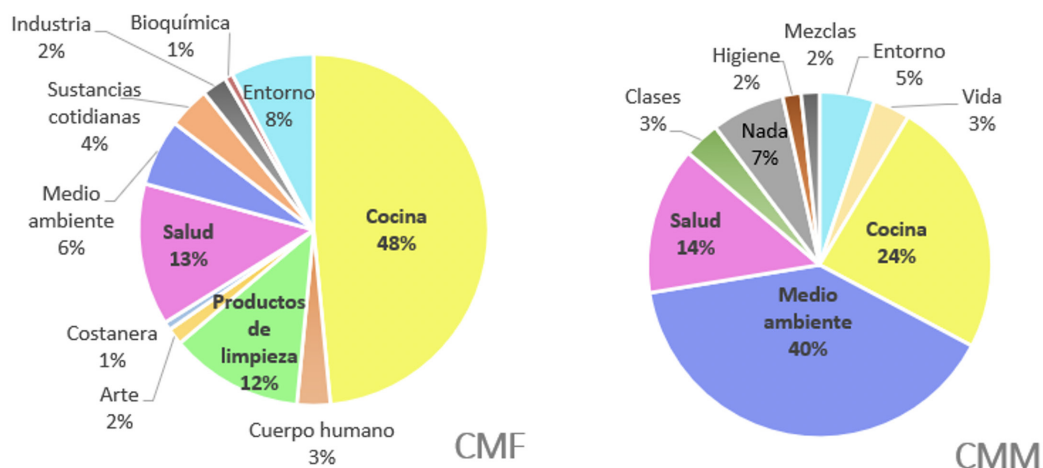
Al presentar el primer grupo de resultados, se realiza una síntesis de las evaluaciones del estudiantado respecto a los enunciados del test de percepciones (tabla 5) y así visualizar qué tan de acuerdo o desacuerdo se encuentran con estos.

Enunciado	Colegio	Parcial o totalmente de acuerdo	Parcial o totalmente en desacuerdo
1	CMF	55%	45%
	CMM	58%	42%
2	CMF	87%	13%
	CMM	83%	17%
3	CMF	54%	46%
	CMM	62%	38%
4	CMF	73%	27%
	CMM	70%	30%
5	CMF	36%	64%
	CMM	23%	77%

**TABLA 5.** Síntesis de resultados evaluación de enunciados.

6	CMF	71%	29%
	CMM	72%	28%
7	CMF	80%	20%
	CMM	62%	38%
8	CMF	67%	34%
	CMM	70%	30%
9	CMF	68%	32%
	CMM	62%	38%

Respecto a los resultados obtenidos de la pregunta tipo abierta al final del test (figura 1), se puede evidenciar que, en ambos establecimientos educacionales, el estudiantado es capaz de vincular la química a algún aspecto cotidiano significativo. En el caso del CMF se puede destacar la relevancia de tres aspectos: cocina (48%), salud (13%) y productos de limpieza (12%). Mientras que en el CMM, los estudiantes vinculan la química principalmente a: medio ambiente (40%), cocina (24%) y salud (14%).



**FIGURA 1.** Gráficos resumen resultados test de percepciones.

Para presentar el segundo grupo de resultados, se sintetizan las respuestas y justificaciones entregadas por el estudiantado en las preguntas 1 y 2 del cuestionario (tabla 6), de tal modo que se evidencie el nivel de comprensión asociado al concepto de R.L.

Resultados pregunta 1		
	Selección representación correcta (alternativa B)	Selección representación incorrecta (alternativa A o C)
Nº estudiantes	18 (-- 24%)	57 (-- 76%)
Noción R.L	Si = 13 (-- 72%)	Si = 19 (-- 33%)
	No = 5 (-- 28%)	No = 38 (-- 67%)
Criterios representativos en justificación	Relaciones estequiométricas y proporción.	Todos los reactivos se transforman en productos.
	Conservación de la materia.	Los productos están determinados por la ecuación química.
		La reacción se detiene pero no influyen las cantidades de reactivos.

**TABLA 6.** Síntesis Resultados Obtenidos en Pregunta 1 y 2 de Cuestionario Sobre R.

Resultados pregunta 2		
	Selección representación correcta (alternativa C)	Selección representación incorrecta (alternativa A o B)
Nº estudiante	16 (-- 24%)	50 (-- 76%)
Noción R.L	Si = 10 (-- 63%)	Si = 12 (-- 24%)
	No = 6 (-- 37%)	No = 38 (-- 76%)
Conceptos representativos en justificación	Relaciones estequiométricas y proporción. Conservación de la materia.	Todos los reactivos se transforman en productos. Los productos están determinados por la ecuación química. La reacción se detiene pero no influyen las cantidades de reactivos.

Como se observa, existe dificultad para seleccionar la representación microscópica adecuada al fenómeno bajo estudio, ya que los porcentajes de asertividad en ambas interrogantes corresponde a un 24%. Además, se da cuenta que no todas las estudiantes que seleccionan la alternativa correcta comprenden la noción de R.L, evidenciando que un 72% y un 63% de las respuestas adecuadas si la comprenden, en las preguntas 1 y 2 respectivamente. Por otra parte, en ambas interrogantes se observan porcentajes de estudiantes que seleccionan una representación microscópica inadecuada al fenómeno, pero que sí comprenden la noción de R.L, siendo estos porcentajes equivalentes al 33% en la pregunta 1 y al 24% en la pregunta 2.

Finalmente, para analizar las explicaciones en la pregunta 3, se diseñan y establecen criterios específicos de clasificación para cada tipo de explicación según Gilbert *et al.* (2000).

**Explicación descriptiva:** Se establecen tres criterios para clasificar este tipo de explicaciones, que se entienden como un resumen o descripción superficial enfocado, principalmente, en características macroscópicas (tabla 7).

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).

**TABLA 7.** Criterios de clasificación para explicación de tipo descriptiva.

Atendiendo a la aplicación de los criterios establecidos, se pueden mencionar dos ejemplos concretos representativos (debido a su frecuencia) de este tipo de explicación:

Estudiante 5: “*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.



Estudiante 18: “yo creo que mientras más tiempo pase el globo en el aire **más átomos de carbono e hidrógeno se van perdiendo**”. En este caso, si bien la estudiante logra incorporar un lenguaje científico utilizando términos como “átomos”, “carbono” e “hidrógeno”, esto lo realiza únicamente a modo de descripción.

**Explicación predictiva:** Se establecen tres criterios para clasificar este tipo de explicaciones, las cuales se generan a partir de una predicción relacionada con el fenómeno que se estudia (tabla 8).

Criterio	Descripción
General	La explicación se basa en una predicción, a partir de un conocimiento o afirmación general que se relacione con el fenómeno estudiado.
Relaciones	Se establece una relación entre una afirmación general (conocimiento científico) y una situación específica (contexto).
Conocimiento	La explicación se basa en conocimiento científico (afirmación general) y cotidiano (contexto).

**TABLA 8.** Criterios de clasificación para explicación de tipo predictiva.

Atendiendo a la aplicación de los criterios establecidos, se pueden mencionar dos ejemplos concretos representativos de este tipo de explicación:

Estudiante 2: “Yo creo que el globo desciende porque **la reacción llega solo hasta donde el reactivo limitante lo permite**”. Se evidencia una afirmación general relacionada al conocimiento científico sobre el concepto de R.L, en donde esta se relaciona con el fenómeno del descenso del globo.

Estudiante 33: “Porque en el caso de los globos se va acabando con el tiempo, por lo que según la cantidad de material es su duración. **Mientras menos material más rápido se apagará**”. Al igual que en el caso anterior, se evidencia la presencia de una afirmación general (implícitamente asociada con el concepto de R.L) que se relaciona con el fenómeno bajo estudio.

**Explicación causal:** Se establecen tres criterios para clasificar este tipo de explicaciones, en las cuales se genera un vínculo de causa y efecto entre el fenómeno y entidades que participan (tabla 9).

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.

**TABLA 9.** Criterios de clasificación para explicación de tipo causal.

Atendiendo a la aplicación de los criterios establecidos, se puede mencionar el siguiente ejemplo concreto representativo de este tipo de explicación:

Estudiante 25: “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 reactivos disponibles, la cual es considerada una relación de tipo causal adecuada para el fenómeno bajo estudio, considerando que se trabaja con el nivel de primero medio.

Al analizar todas las producciones estudiantiles obtenidas, se encuentra un total de 40 estudiantes que favorecen la explicación descriptiva (-- 60%), 17 estudiantes que favorecen la explicación predictiva (-- 25%) y 10 estudiantes 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 de resultados obtenidos

Respecto a los resultados obtenidos en el test de percepciones, se observa que en ambos establecimientos, 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, la cual es apoyada por la mayoría del estudiantado. Aprender así esta noción, podría simplificar el aprendizaje de la química, ya que se reducirían todos los fenómenos, teorías, leyes, principios o experimentos, a fórmulas o ecuaciones que no representan la verdadera naturaleza de esta ciencia, para Izquierdo (2013) esta se trataría de una química de papel, en donde el profesorado sería el único que conoce los significados de este lenguaje químico. 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 que construye el estudiantado.

Por otra parte, se da cuenta que, el estudiantado de ambos establecimientos, considera la química como algo que es parte del diario vivir y, por lo tanto, útil e interesante de estudiar para poder comprender y explicar el mundo. Estos resultados podrían relacionarse con la metodología de enseñanza que imparte el profesorado a cargo de los cursos bajo estudio, pues como se menciona en el apartado de contexto a intervenir, tanto en el CMF como en el CMM se trabaja con la ejemplificación en base a situaciones de la vida cotidiana. Esta orientación hacia el aprendizaje de la química contribuye de manera positiva y significativa, ya que la mayoría del estudiantado se encuentra total o parcialmente de acuerdo en que el vincular la química a la vida cotidiana favorece el aprendizaje de la asignatura. Así mismo, se observa una clara relación entre los ejemplos que se discuten y analizan durante las clases y la forma en que el estudiantado percibe la química en su cotidianidad, ya que en ambos establecimientos, el estudiantado es capaz de vincular la química a algún ejemplo significativo cotidiano, principalmente, a aquellos que se explican durante las clases.

Respecto a los resultados obtenidos del cuestionario sobre R.L, se evidencia que la mayor dificultad se encuentra asociada a las preguntas de selección de representaciones microscópicas y explicación, las cuales requieren del trabajo conjunto de los tres niveles de representación. Esta situación se condice con la literatura ya que, al parecer, las principales dificultades se derivan de la falta de integración entre los distintos niveles de representación. Esto último se respalda con los resultados obtenidos, pues la mayoría del estudiantado no logra seleccionar la representación microscópica adecuada y, del estudiantado que si lo logra, no todos comprenden la noción de R.L en su explicación, por lo que no se puede descartar la presencia del azar en sus respuestas. Además, es importante señalar que existe un porcentaje importante de estudiantes que, a pesar de seleccionar una representación microscópica inadecuada, si comprenden la noción de R.L, lo cual indica que, si bien existe una idea general adecuada de lo que ocurre en el fenómeno a un nivel macroscópico, no se logran establecer relaciones de éste con sus propiedades a un nivel simbólico o 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. Esto último se relaciona con lo que Gil *et al.* (1991) definen como ‘metodología de la superficialidad’ relacionada con la forma de razonar en el quehacer cotidiano la cual generalmente conduce a explicaciones basadas en relaciones causales simples (citado en Furió & Furió, 2000).

Respecto a las concepciones alternativas, los principales criterios en que se basan las justificaciones y explicaciones del estudiantado que selecciona las representaciones inadecuadas, son tres: a) producto determinado por la ecuación química (dificultad de asociación entre la situación inicial del sistema y la ecuación química); b) todos los reactivos se transforman en productos (no comprensión del concepto); y c) la reacción se detiene pero no influyen las cantidades de reactivos. Esta última concepción, al parecer, se explica como lo plantea Sanmartí *et al.* (1995) refiriéndose a la idea de ‘sustancialización de las propiedades’, la cual se relaciona con el tratar a una propiedad como una sustancia material, bajo esta idea las sustancias son especies de “agentes portadores” de propiedades específicas que muchas veces son perceptibles por los sentidos (Furió & Furió, 2000). En este caso, las estudiantes conciben el concepto de R.L como una propiedad de una sustancia en particular, es decir, bajo esta perspectiva el R.L no dependería ni de la cantidad ni de la proporción en que se encuentre reaccionando, sino más bien, y en sus palabras, existirían sustancias “limitables”. Pensamos que esta concepción alternativa surge de la dificultad para transitar entre distintos modos de representación y de la generación de comunicaciones entre estos, lo que Siegel (1995) denomina como ‘transmediación’ y que es necesario para dar sentido a situaciones de la vida cotidiana.

## 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 cognitivas 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 los estudiantes; 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. Finalmente, algo relevante de destacar en nuestro trabajo exploratorio, es la emergencia, nos parece, de una concepción alternativa denominada “R.L como propiedad de una sustancia”, la cual podría explicarse en base a las ideas de Sanmarti *et al.* (1995) referida a la ‘sustancialización de las propiedades’. Creemos que esta nueva concepción, si así fuera, pudo haber surgido debido al involucramiento del trabajo particular de los estudiantes con el nivel de representación microscópico; esto último nos motiva como un tema interesante y relevante de seguir investigando.

## Referencias

- 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.
- Caamaño, A. (2007). Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo. En Izquierdo, M., Caamaño A. & Quintanilla, M. (2007). *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: modelizar y contextualizar*. Barcelona: Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Cofré, H., González, C., Vergara, C., Santibáñez, D., Ahumada, G., Furman, M., Podesta, M., Camacho, J., Gallego, R., y Pérez, R. (2015). Science teacher education in South America: the case of Argentina, Colombia and Chile. *Journal of Science Teacher Education*, 26(1), 45-63.
- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancia para la enseñanza de las ciencias. *Ciência y Educação*, 7(1), 85-94.
- 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.
- Furió Más, C. J., & Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308.
- 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.
- Jiménez, M., & Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique*, 63, 11-18.
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias: ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. UNAM, Facultad de Química.
- Izquierdo, M. (2013). La química ¿emociona?. En Mellado, V., Blanco, L., Borrachero, A., y Cárdenas, J. (Eds), *Las Emociones en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias y las Matemáticas* (pp.307-327). España: Grupo de Investigación DEPROFE.

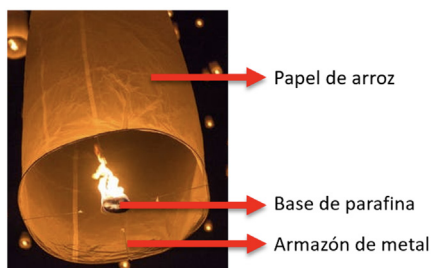
- Labarrere, A. (2012). La solución de problemas, eje del desarrollo del pensamiento y las Competencias del Pensamiento Científico de los estudiantes en matemática y ciencias experimentales. En F. Angulo, L. Díaz, C. Joglar, A. Joglar, E. Ranaval & M. Quintanilla (Eds.), *Las Competencias del Pensamiento Científico desde 'las voces' del aula* (pp. 47-82). Santiago, Chile: Editorial Bellaterra Ltda.
- Marcano, K. (2015). Aplicación de un juego didáctico como estrategia pedagógica para la enseñanza de la estequiometría. *Revista de Investigación*, 39(84), 181-204.
- Martins, I., Ogborn, J., & Kress, G. (1999). Explicando uma explicação. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 1(1), 25-38.
- Moreira, M. (2012). ¿Al final, qué es el aprendizaje significativo?. *Qurrriculum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, 25, 29-56.
- Moreno, J., Herreño, J., Giraldo, V., Fuentes, W., y Casas, J. (2009). ¿¡ESTEQUIOMETRÍA VISIBLE!!!. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 477-482.
- 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.
- Ogborn, J., Crees, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar: La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid, España: Aula XXI Santillana.
- 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.
- Rioseco, M., y Romero, R. (1997). La contextualización de la enseñanza como elemento facilitador del aprendizaje significativo. *Actas Encuentro Internacional sobre el aprendizaje significativo*, 253-262.
- Sanmarti, N., Izquierdo, M., & Watson, R. (1995). The substantialisation of properties in pupils' thinking and in the history of science. *Science & Education*, 4(4), 349-369.
- Siegel, M. (1995). More than words: The generative power of transmediation for learning. *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, 455-475.
- Solsona, N. (2015). Química en contexto culinario. En: Gómez, A., y Quintanilla, M. (Eds), *La enseñanza de las ciencias naturales basada en proyectos* (pp.71-98). Santiago, Chile: Editorial Bellaterra.
- Solsona, N., y Izquierdo, M. (2003). El uso de la explicación en una receta de cocina científica. *Revista Investigación en la Escuela*, 49, 79-88.

## Anexo

### La química de los globos de los deseos

¿Alguna vez has visto que en año nuevo las personas lanzan globos como los de la foto al cielo? Bueno, la tradición indica que si escribimos un deseo en el globo y luego lo lanzamos, este se cumplirá.

Esta es una práctica que proviene de la cultura oriental, aunque en la actualidad ha adquirido popularidad en varias partes del mundo, incluido Chile. Claro que esta práctica no ha estado exenta de polémicas, ya que muchas personas llaman a no lanzar estos globos debido a los peligros que pueden ocasionar cuando no se toman las debidas precauciones (principalmente incendios).



El globo de los deseos se compone de tres partes: un esqueleto o armazón de metal, una pequeña base de parafina y el papel de arroz, en el cual escribimos nuestro deseo. Ahora ¿por qué el globo es capaz de elevarse por los cielos? Como se ve en la imagen, en la base de parafina se produce una llama y esta lo que hace, es calentar el aire al interior del globo, lo cual produce una disminución de la densidad y, en consecuencia, hace que el globo comience a ascender.

Teniendo en consideración que, para que el globo permanezca con la llama encendida, es necesario que se produzca una reacción química de combustión entre el combustible (parafina) y el comburente (oxígeno del aire), es que te invitamos a contestar las siguientes preguntas sobre la química detrás de los globos de los deseos!

1) Imagina que estás observando un globo de los deseos: La figura a continuación, representa la mezcla de los reactivos (parafina (CH<sub>4</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>)) que se encuentran reaccionando según la siguiente ecuación de combustión:

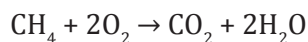
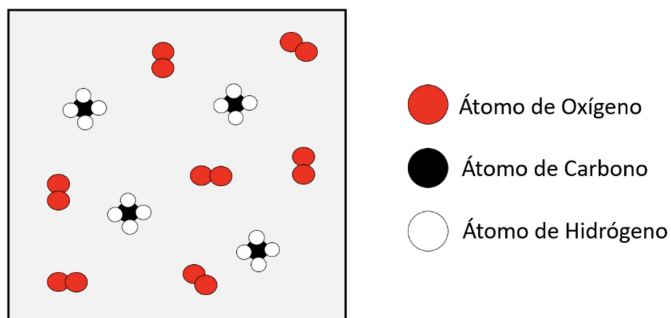
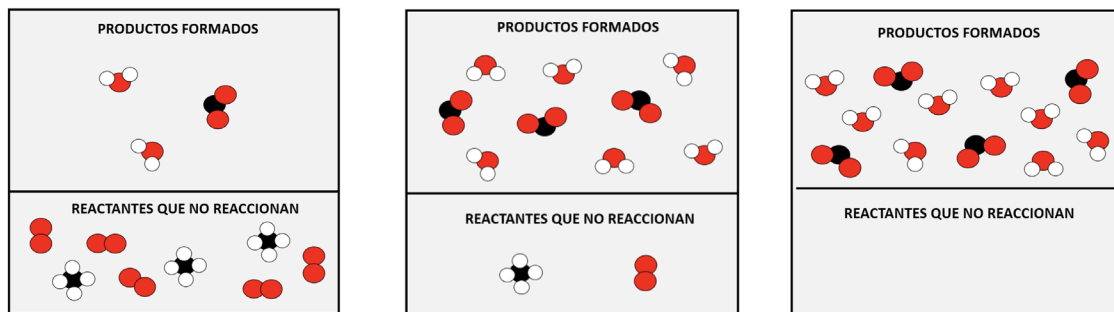


Figura: situación inicial:



¿Cuál de las siguientes figuras crees que representa mejor la situación final de la reacción?



Tu elección: \_\_\_\_ Explica tu elección:

2) Imagina que estás observando otro globo de los deseos: La figura a continuación, representa la mezcla de los reactivos (parafina ( $\text{CH}_4$ ) y oxígeno ( $\text{O}_2$ )) que se encuentran reaccionando según la siguiente ecuación de combustión:

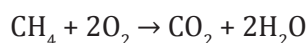
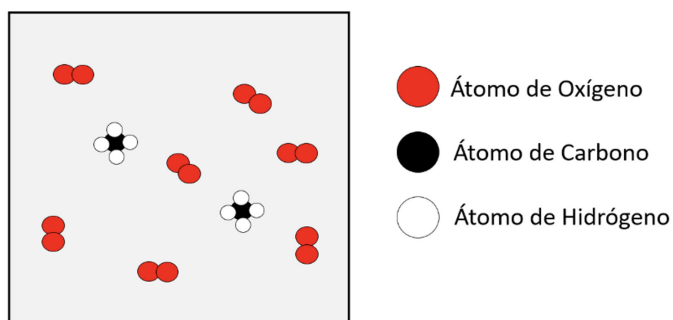
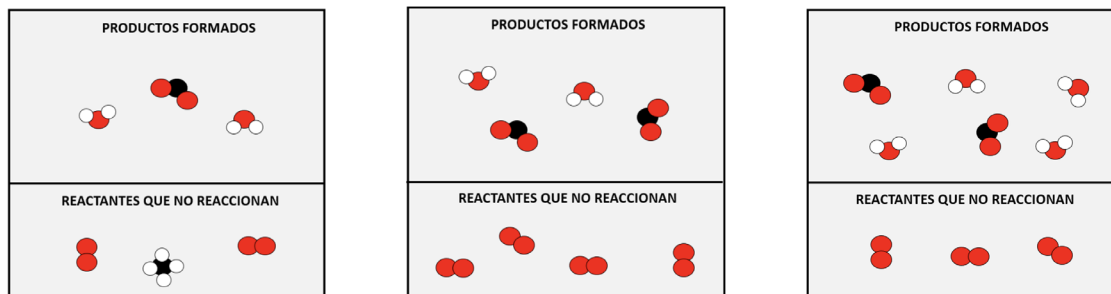


Figura: situación inicial:



¿Cuál de las siguientes figuras crees que representa mejor la situación final de la reacción?



Tu elección: \_\_\_\_ Explica tu elección:

3) A partir de tus respuestas anteriores, ¿cómo explicarías la relación existente entre la proporción inicial de los reactivos, 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?”