



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS PEDAGÓGICOS

Estrategias didácticas constructivistas en el aula de ciencias de educación media;
Propuestas de enseñanza desde las ideas previas de los estudiantes de primer año medio sobre las
reacciones químicas a partir de los niveles representacionales

Seminario para optar al Título de
Profesora de Educación Media En Biología y Química

JOCELYN ALEJANDRA MORALES ZUMELZU

Profesor Guía: Roberto Enrique Arias Arce

Fecha de entrega: 3 de enero 2021

Santiago – Chile

Resumen

El lenguaje utilizado en la clase de química corresponde al principal mediador entre docentes y estudiantes, el cual posee múltiples formatos de expresión como el simbólico, gráfico, verbal, matemático, entre otros. Estas expresiones lingüísticas en las que se puede presentar la información son un nuevo mundo para los estudiantes, a partir del cual se pueden originar frecuentes errores producto del aprendizaje memorístico y descontextualizado.

En este trabajo se presenta una revisión de las ideas previas que tienen estudiantes de primer año de enseñanza media sobre los elementos lingüísticos propuestos por Jacob; *sintaxis* y *semántica química*, que dan origen a las expresiones utilizadas en las ecuaciones químicas y al significado que se le atribuyen en el mundo de las sustancias. A partir de esto se elaboró un cuestionario para ser aplicado a estudiantes de primer año de enseñanza media (con edades entre 14 y 15 años).

El análisis de las respuestas se llevó a cabo de acuerdo con los niveles representacionales propuestos por Jonhstone; macroscópico, submicroscópico y simbólico, los cuales se complementan entre sí conformando uno de los modelos didácticos más relevantes en el estudio de la química, y entre los cuales el estudiante se debe mover mediante el uso del lenguaje.

Las respuestas fueron identificadas en los niveles ya mencionados, mostrando una alta presencia de los niveles simbólico y macroscópico, asociados con un aprendizaje demasiado abstracto y basado en la memorización de propiedades y hechos. Por otro lado, desde el punto de vista submicroscópico se presenta una baja asociación con el nivel particulado de la materia. Posteriormente fueron sistematizadas las respuestas pertenecientes a cada nivel representacional, de acuerdo a los conceptos claves mencionados en las respuestas de los estudiantes.

Finalmente se proponen formas de enseñanza que permitan mejorar la asociación de los niveles representacionales en torno a la simbología empleada en las ecuaciones químicas.

Palabras clave: Niveles representacionales, lenguaje de la química, reacción química, ecuación química.

Introducción

El lenguaje es sin dudas un mediador a través del cual se produce la parte más significativa del proceso de enseñanza-aprendizaje (Galagovsky et al., 1998). Para Montagut (2009), existe un “lenguaje” de la economía, de la historia, de la literatura, de la música, de la matemática, es decir, el dominio de cualquier asignatura es inseparable del dominio de su lenguaje.

En sintonía con lo previo, la química también presenta su propio lenguaje, a partir del cual docentes y estudiantes han de compartir sus conocimientos. Así, un sujeto que aprende la disciplina debe conocer significados, convenciones, normas, acuerdos entre expertos sobre palabras, signos, códigos, gráficos y/o formatos sintácticos que son aceptables dentro de cada lenguaje (Galagovsky y Bekerman, 2009).

En concordancia con esto, la semejanza entre lo que busca el profesor y el pensamiento construido por el estudiante, dependerá de la manera en que éste último se enfrente al manejo del lenguaje que los profesores utilizan como medio principal de instrucción (Osborne y Freyberg, 1998).

Lemke (1997), plantea que aprender ciencias es aprender a hablar el lenguaje de las ciencias, y para esto hay que comprenderlo, lo cual va más allá de memorizar términos técnicos y las definiciones que conforman al vocabulario específico de la disciplina. Sin embargo, diversos estudios relacionados al discurso empleado en la clase de ciencias, y a la interacción profesor-alumnos, han develado que existe una serie de características que han permanecido prácticamente intactas a lo largo del tiempo; tales como, la carencia de discusiones entre grupos de estudiantes, así como también que en la interacción entre profesor y estudiante no se produce un intercambio de ideas ni puntos de vista, lo cual tiene su origen en una metodología centrada en la transmisión de conocimientos por parte del profesor a sus estudiantes (Quilez, 2016).

Este escenario favorece un aprendizaje memorístico y poco significativo, en el cual la descontextualización de las expresiones lingüísticas serían el origen de ideas previas detectadas en los y las estudiantes de ciencias, en particular de la química (Galagovsky, 2009).

Dentro de este panorama, Chile no se ha visto exento, ya que, si bien se han modificado las formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje instalando diversos proyectos, recursos e instrumentos de medición, la innovación curricular no ha sido del todo implementada en las aulas. Se ha continuado con una práctica atrapada en el modelo tradicional de la enseñanza,

priorizando la cantidad de contenidos asimilados mediante una metodología expositiva y una evaluación reproductiva, donde el objetivo de evaluar es comprobar el aprendizaje de conceptos mediante pruebas y exámenes (Contreras, 2016), y donde no se consideran las concepciones previas que tienen los estudiantes. Ante esto, una pregunta en relación al tema de este trabajo es ¿cuáles son las concepciones que tienen los estudiantes de primero medio sobre la relación entre el lenguaje utilizado en las ecuaciones químicas y su respectivo significado?.

Dado lo anterior, si bien existe un currículo educativo en el cual se abarca el conocimiento científico, es necesario que las/os docentes indaguen acerca de las necesidades específicas que presentan el estudiantado en relación con su aprendizaje, es decir, se debe prescindir de la educación por repetición que ha sido instaurada en el escenario chileno, y orientar la educación científica hacia un enfoque constructivista. En otras palabras, se deben diseñar intervenciones didácticas que consideren una metodología en sintonía a las necesidades específicas para así conducir al alumnado a un aprendizaje significativo (Pozo, 1996; citado en Gallego, 2018).

En el caso específico del aprendizaje de la química, se requiere el control de tres niveles de pensamiento; macroscópico, submacroscópico y simbólico, entre los cuales los expertos pueden desplazarse sin dificultad, sin embargo, para los estudiantes la conexión entre los distintos niveles resulta un obstáculo para su aprendizaje (Lorenzo, 2021), en este sentido, se busca responder en qué medida están presentes los niveles representacionales en el aprendizaje de las reacciones químicas, a partir de la asociación entre el simbolismo utilizado en las ecuaciones químicas y su respectivo significado.

En sintonía con esto, y dentro del currículo chileno que se venía mencionando, desde el nivel de 7° básico se comienzan a estudiar los cambios químicos de la materia desde un punto de vista macroscópico. En 8° básico se estudia la composición de la materia desde un punto de vista submicroscópico. Posteriormente, durante el primer año de enseñanza media, donde se establece como tal la asignatura de Química, se trabajan las temáticas referidas a las reacciones químicas, nomenclatura inorgánica y estequiometría de reacción, contenidos asociables a las ecuaciones químicas. Todo lo anterior se expone en la tabla 1.

Tabla 1

Unidades del eje temático de Química en 7° y 8° básico, y 1° medio

Nivel escolar	Unidades
7° Básico	Comportamiento de la materia y su clasificación
8° Básico	Estudio y organización de la materia
1° Medio	Reacciones químicas cotidianas
	Reacciones químicas
	Nomenclatura inorgánica
	Estequiometría de reacción

Nota. Información obtenida de Bases Curriculares (2015).

Como ya se mencionó anteriormente, los temas estudiados entre 7° y 1° medio, se pueden relacionar entre sí, considerando las ecuaciones químicas, en las cuales se emplea un simbolismo químico para representar a las sustancias que participan en una reacción, elementos que son revisados progresivamente en el currículo nacional.

Como se desprende de lo anterior, dicho simbolismo constituye una nueva expresión de información a partir del cual se podrían originar dificultades en el aprendizaje de las y los estudiantes (Galagovsky, 2009), como por ejemplo, que el uso del lenguaje en cuanto a las fórmulas químicas no siempre diferencia de manera explícita el nivel en el cual se emplea, siendo utilizadas a veces en un nivel macroscópico y otras veces en un nivel submicroscópico (Caamaño, 2019). De esta manera, diversos autores han documentado que dentro del manejo del lenguaje, el pasaje del mundo macroscópico al submicroscópico y al simbólico son los más difíciles de asimilar (Montagut, 2009).

En relación con lo previo, Osborne et al. (1983) diferencian entre la ciencia de los estudiantes y la ciencia de los científicos, donde la primera se relaciona con los puntos de vista acerca del mundo y los significados que los estudiantes le atribuyen a las palabras antes de recibir alguna enseñanza formal de las ciencias. Por su parte, la ciencia de los científicos se refiere al punto de vista científico generalmente aceptado. Como plantean Ordenes et al. (2014), durante la enseñanza científica se ignora la existencia de la ciencia del estudiante, es decir, no son consideradas las concepciones previas de los estudiantes. En este sentido, frecuentemente los profesores no consideran las concepciones previas de los estudiantes, sin embargo, estos son de gran ayuda para la comprensión de los conceptos químicos.

Objetivo general

Proponer formas de mejorar la enseñanza de los niveles representacionales desde los cuales estudiantes de primer año de enseñanza media identifican el simbolismo de las sustancias involucradas en las ecuaciones químicas.

Objetivos específicos

Identificar la presencia de los niveles representacionales en las ideas previas que presentan los estudiantes sobre los componentes de las ecuaciones químicas.

Sistematizar las ideas previas de los estudiantes, sobre el significado de los componentes en las ecuaciones químicas, de acuerdo a los niveles representacionales.

Marco teórico

I.- Cimientos del lenguaje químico

Aprender ciencia requiere apropiarse de formas lingüísticas, las cuales han sido construidas a lo largo del tiempo. Así como para el estudio de cualquier actividad humana, para entender el lenguaje químico utilizado actualmente es necesario conocer cómo se ha manejado a lo largo de la historia. En este sentido, se ha de considerar a la alquimia como la práctica que dió origen a la química como disciplina independiente durante el siglo XVII.

Desde sus inicios la química utilizó signos para representar a las sustancias y los procesos experimentales procedentes de la alquimia, sin embargo, este simbolismo incluía relaciones que no siempre eran fáciles de significar, incluso los adeptos podrían interpretar de forma distinta un mismo símbolo, por lo que, no es de extrañar que aparecieran diferentes nombres para designar a una misma sustancia (Montagut, 2010).

Dado lo anterior, en conjunto con la consolidación de la química, la primera reforma al vocabulario químico ocurrió en 1787 de la mano de la publicación *Méthode de nomenclature chimique* por parte de Lavoisier en conjunto con un equipo de científicos franceses. En dicho escrito aparece como propuesta terminológica la definición para “sustancia simple” considerada como “simples todas las sustancias que no se habían podido descomponer”. Esto permitió hacer la distinción entre sustancias simples y compuestas, pudiendo establecer nombres claramente diferentes para ambos tipos de sustancias. Para las sustancias simples se designaba un nombre único sin dar mayor importancia al criterio empleado, así aparecen términos formados según las propiedades químicas (oxígeno, hidrógeno), otros según el mineral del cual provenían (tungsteno), y nombres procedentes de la alquimia (mercurio). Por otro lado, las sustancias compuestas fueron designadas mediante nombres binarios, donde se utilizaban raíces de los nombres de los elementos a modo de indicar la composición química, lo que permitió eliminar múltiples sinónimos empleados para nombrar una misma sustancia (García y Bertomeu, 1998).

Si bien estas contribuciones fueron certeras para solapar las dificultades que presentaba la terminología química, desde una perspectiva actual podemos decir que para establecer una terminología sistemática de los compuestos orgánicos era necesario conocer con precisión lo que hoy denominamos fórmula empírica, fórmula molecular y estereoquímica de las moléculas orgánicas (conceptos que no fueron suficientemente aclarados hasta finales de XIX). Así, en 1892, el proceso de normalización de la terminología de la química orgánica culminó en la

Conferencia Internacional de Ginebra para la Reforma de la Nomenclatura Química, en la cual se establecieron normas basadas en el sistema de nomenclatura “sustitutiva” para nombrar las diferentes clases de compuestos orgánicos (García y Bertomeu, 1998).

Posteriormente, y desde 1919, Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés), se encarga de los aspectos de la normativización de los nombres, símbolos y nomenclatura de los compuestos químicos, y cuya publicación en ediciones es periódica (García y Bertomeu, 1998). Cabe destacar que el objetivo de la IUPAC no es didáctico, sino que, se enfoca en hacer posible la comunicación entre autores, uniformar la designación de compuestos y dar normas claras para bautizar a los compuestos nuevos (Casassas, 1998; citado en Montagut, 2010).

De acuerdo con la IUPAC, el principal fin de la nomenclatura química es asignar nombres y fórmulas a las sustancias químicas (Ciriano et al., 2016). Principio que en la actualidad permite clasificar la nomenclatura en tres tipos: tradicional, semisistemática, y sistemática, donde esta última se subdivide en tres; adición, composición y sustitución (tabla 2).

Tabla 2.

Descripción de los tipos de nomenclatura

Tipo de nomenclatura	Descripción
Sistemática: recoge el nombre de identificación de una sustancia química a partir del cual se puede inferir, al menos, su composición química	Nomenclatura de adición: a un(os) átomo(s) central(es) se le unen los demás átomos como si fueran ligandos. Útil para nombrar oxocompuestos y compuestos de coordinación. Se construye considerando los nombres de los ligandos como prefijos del nombre (o nombres) del (de los) átomo(s) central(es).
	Nomenclatura de composición: entrega información sobre los tipos y proporciones de átomos presentes. Se puede expresar por prefijos numerales (multiplicadores, tales como; mono-, di-, tri-, etc), números de oxidación (mediante números romanos), o números de carga para el caso de compuestos iónicos (con números arábigos seguidos del signo correspondiente).
	Nomenclatura de sustitución: se basa en la idea de un hidruro progenitor cuyo nombre es modificado al sustituir los átomos de hidrógeno por otros átomos o grupos. Utilizada ampliamente para compuestos orgánicos, y para nombrar hidruros de los elementos de los grupos 13 a 17 de la tabla periódica.
Semisistemática	Contiene el nombre de identificación de una sustancia química que no permite inferir la composición química de la misma. Muchos oxoácidos y sales pertenecen a esta categoría.
Tradicional	Identifica a una sustancia química mediante un nombre que no ha sido obtenido aplicando reglas sistemáticas de nomenclatura.

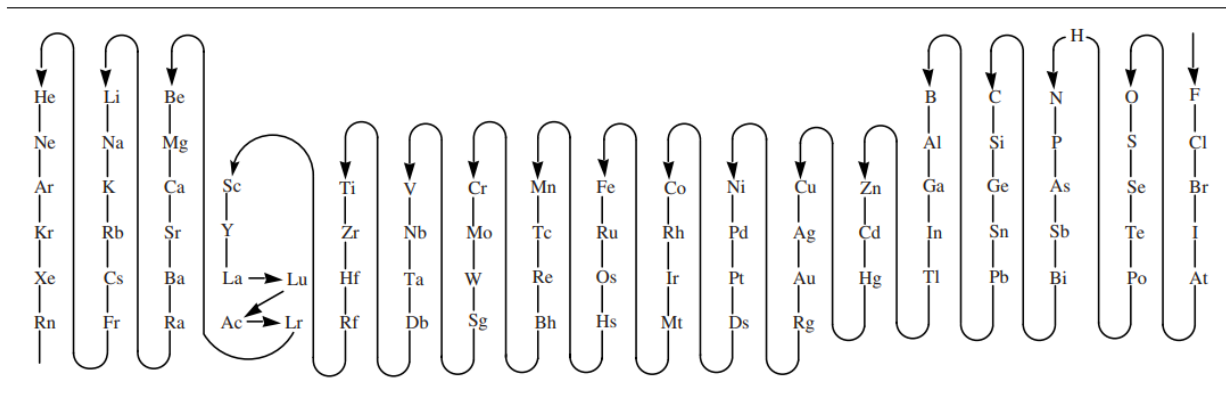
Nota. Información obtenida de Ciriano et al. (2016).

Además, dentro de las reglas IUPAC, se especifica el orden en el cual aparecen los elementos en su fórmula. Por ejemplo, para compuestos binarios (que contienen átomos de dos elementos), el orden que se sigue es según la llamada *secuencia de los elementos*, que se presenta

en la figura 1, la cual se obtiene a partir de la tabla periódica, trasladando el hidrógeno (H) entre los grupos 15 y 16, y desplazando el grupo de los gases nobles delante del grupo 1.

Figura 1

Secuencia de elementos.



Nota. La figura muestra la secuencia de elementos utilizada para la representación de fórmulas químicas en compuestos binarios. Fuente: Redbook IUPAC (2005).

De esta forma, las fórmulas de compuestos binarios se construyen escribiendo los símbolos de los elementos con sus respectivos subíndices, ordenados representando en primer lugar el símbolo del elemento que se encuentre último en la secuencia de elementos.

II.- Enseñanza escolar de la química en cuanto a las sustancias y su expresión en las ecuaciones químicas

Como ya se ha mencionado anteriormente, una de las principales dificultades que se enfrentan los y las estudiantes de química es que deben dominar un lenguaje nuevo, el “lenguaje químico”, para lo cual han de manejar símbolos, fórmulas y una nomenclatura universal (Castelán y Hernández, 2009).

Centrado en lo expuesto, Jacob (2001) expone que, los elementos lingüísticos del simbolismo químico pueden ser definidos como una analogía con un “lenguaje modelo”, en la cual los símbolos elementales se conectan para formar palabras, de acuerdo con reglas ortográficas, que al conectarse forman oraciones de acuerdo con reglas gramaticales. Posicionado esto en función a los intereses de este estudio, es posible distinguir una ***ortografía química*** que proporciona las reglas que gobiernan la combinación de símbolos elementales con fórmulas químicas, determinando qué símbolos elementales pueden combinarse y en qué proporciones; por ejemplo, los símbolos *Na* y *Cl* se pueden combinar para formar *NaCl* siguiendo la regla de que $1Na$ se puede combinar con $1Cl$.

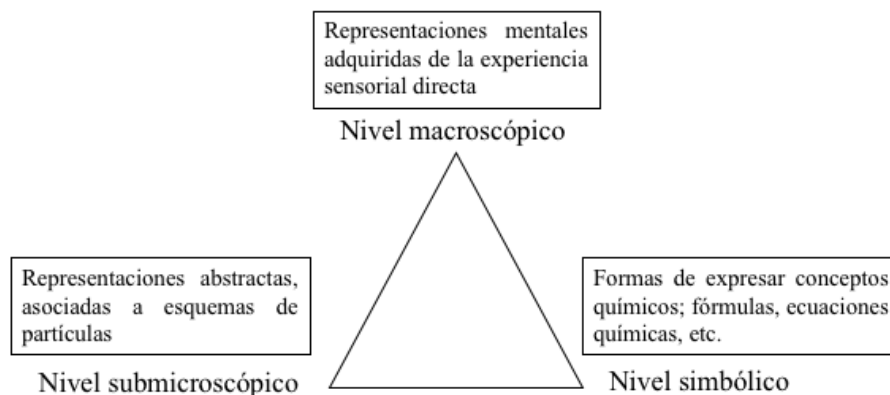
La ***gramática química*** proporciona las reglas que gobiernan las ecuaciones químicas, determinando los coeficientes estequiométricos, el uso de las flechas unidireccional o de equilibrio, y las condiciones de reacción.

La ortografía y gramática química se encuentran estrechamente relacionadas en las expresiones utilizadas en las ecuaciones químicas, y ambos tipos de reglas pueden agruparse en una categoría más general denominada ***sintaxis química*** (Lorenzo, 2021). Sin embargo, es necesario definir un tercer componente del simbolismo químico que corresponde a la ***semántica química***, aspecto que relaciona cada símbolo, fórmula, ecuación, con su significado en el mundo de las sustancias.

En paralelo a lo expuesto, la educación química ha desarrollado un modelo relevante de identificación de representaciones para estos elementos; la propuesta de Johnstone (Lorenzo, 2021), en la cual se distinguen tres niveles de representación mental, estos son; macroscópico, submicroscópico y simbólico (figura 2), entre los cuales el estudiante se debe mover mediante el uso del lenguaje (Caamaño y Oñorbe, 2004), y donde ninguno es superior a otro, si no que cada uno es complemento de los otros (Reyes-Cárdenas et al., 2021).

Figura 2.

Triángulo de Johnstone



Nota. Elaboración propia a partir de Galagovsky et al. (2003).

Si bien otros autores han utilizado otras palabras o frases para referirse a los niveles representacionales mencionados anteriormente, según la revisión de Gilbert y Treagust (2009) la terminología debería ser lo más breve posible para evitar cualquier posible ambigüedad de significado. De hecho, en el triángulo de Johnstone, el nivel macroscópico representa las características visuales de los reactivos (Galagovsky et al., 2003), así como también se relaciona con los fenómenos y transformaciones que se pueden percibir a través de los sentidos, es por esto que, resulta cercano al conocimiento cotidiano de las personas en su dimensión observable (Lorenzo, 2021).

En el nivel submicroscópico se describe la reacción a partir de esquemas para representar las partículas involucradas (Galagovsky et al., 2003), es decir, se relaciona con el mundo invisible de los átomos y moléculas para explicar y dar sentido a los fenómenos observables del mundo (Francoeur, 2000; citado en Lorenzo, 2021).

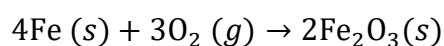
En el nivel simbólico, o también denominado representacional, se relaciona con la forma de expresar conceptos químicos, ya sea mediante palabras, símbolos, fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, entre otras (Galagovsky, 2003).

Desde estos aportes, Taber (citado en Cutrera y Stipcich, 2009) plantea que el papel del nivel simbólico es la mediación entre los niveles macroscópico y submicroscópico, representando un nivel adicional de complejidad para la comprensión de los estudiantes producto de la ambigüedad, donde los símbolos pueden representar cualquiera de los dos niveles mencionados.

A partir de lo expuesto, el lenguaje químico, en el marco de las ecuaciones químicas, emplea varios conceptos y simbologías, siendo necesario hacer una distinción entre reacción y ecuación química. Una reacción química corresponde a un proceso en el que una o varias sustancias cambian para formar una o más sustancias nuevas. Los químicos han desarrollado una forma estándar que, por medio de símbolos químicos, representa lo que ocurre durante una reacción química, dicha representación corresponde a las ecuaciones químicas.

Existe una variedad de formatos en los cuales se puede expresar una ecuación química, tales como la ecuación molecular y la ecuación iónica neta. Un experto puede seleccionar cuál de estas utilizar en función de lo que quiere explicar, pero para un estudiante cada una de las *sintaxis* puede resultar un objeto de estudio diferente, complicando su capacidad de comprensión (Galagovsky et al., 2009).

En este trabajo se consideran las ecuaciones moleculares, en las cuales todos los compuestos se representan neutros, haciendo uso de sus respectivas fórmulas moleculares. Tomando como ejemplo la oxidación del hierro, tipo de reacción que se estudia durante el primer año de enseñanza media, podríamos expresar la siguiente ecuación:



En esta representación, por convención, los reactivos, sustancias iniciales en una reacción química, se escriben a la izquierda de la flecha, mientras que los productos, sustancias formadas como resultado de una reacción química, se escriben a la derecha. De acuerdo con la reacción que representan, pueden constar de uno o más reactivos, así como de uno o más productos, pero siempre cumpliendo con la ley de conservación de la materia, es decir, el mismo número de cada tipo de átomos a cada lado de la flecha.

Los reactivos y productos que conforman una ecuación química pueden corresponder a distintos subtipos de materia de acuerdo con su composición. Desde un punto de vista submicroscópico, los átomos corresponden a bloques de construcción infinitesimalmente pequeños de la materia. Un agregado de dos o más átomos, del mismo o distintos elementos, se mantienen unidos a través de enlaces químicos, que en proporciones definidas conforman una molécula. Para expresar la composición de las moléculas, se utilizan fórmulas químicas, las cuales indican el número exacto de átomos de cada elemento presentes en la unidad más pequeña de una sustancia.

A su vez, desde un punto de vista macroscópico, las sustancias se pueden clasificar en elementos o compuestos. Un elemento es una sustancia que no se puede separar en otras más sencillas por medios químicos, estos por conveniencia, se representan con una o dos letras, donde la primera letra de este símbolo siempre es mayúscula. Ahora bien, cuando los átomos de muchos elementos interactúan entre sí forman un compuesto, o sea, éste último corresponde a una sustancia formada por átomos de dos o más elementos unidos químicamente en proporciones fijas (Chang, 2013).

Además, con frecuencia se indican en las ecuaciones químicas entre paréntesis el estado físico de los reactivos y productos utilizando las letras *g* (gaseoso), *l* (líquido), *s* (sólido), información que permite hacer una distinción entre entidades submicroscópicas (átomo, molécula, *unidad-fórmula*) y sustancias (tabla 3).

Tabla 3.

Fórmulas de entidades submicroscópicas y fórmulas de sustancias.

Símbolo o fórmula	Entidad submicroscópica que representa	Símbolo o fórmula con estado de agregación	Sustancia (macromolecular)
Fe	Átomo de hierro	Fe (<i>s</i>)	Hierro sólido
O ₂	Molécula de dioxígeno	O ₂ (<i>g</i>)	Dioxígeno gaseoso
NaCl	Unidad fórmula del cloruro de sodio	NaCl (<i>s</i>)	Cloruro de sodio sólido

Nota. Información obtenida de Caamaño (2019).

III.- Ideas previas de los escolares sobre las reacciones químicas a partir de la simbología utilizada para representar a las sustancias en las ecuaciones químicas

En el momento en que se acepta que el estudiante construye su aprendizaje en base a los conocimientos previos es que estos cobran vital importancia, y es labor docente averiguar cuáles son. El concepto de “ideas previas” ha sido abordado con numerosas definiciones por distintos autores, sin embargo, en esencia comparten un significado común (Gallego, 2018). Para Bello (2004), corresponden a las construcciones que elaboran los sujetos para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, a modo de brindar explicaciones, descripciones o predicciones.

Según lo planteado por Caamaño (2007), algunas de las ideas previas más recurrentes en el campo de la química pueden ser agrupadas en torno a cuatro temas principales, siendo estos; materia, lenguaje químico, reacciones químicas, y tipos de reacciones.

Desde estas y centrado en el lenguaje químico, las principales dificultades apuntan a las fórmulas químicas y el ajuste e interpretación de las ecuaciones químicas, lo cual se atribuye principalmente a causas intrínsecas en el aprendizaje de la química. Además, como plantean Osborne y Freyberg (1998), si el lenguaje utilizado por parte del profesor incluye palabras con las que el estudiante se encuentra poco familiarizado, y si estas no son explicadas desde el “idioma” que maneja el alumnado, será difícil que estos logren entender la clase oral de su profesor.

En el caso de la química, existe una ambigüedad del lenguaje respecto de los niveles descriptivos. Como ya se mencionaba anteriormente, existen tres niveles de descripción de la materia; el macroscópico (observacional), el microscópico (atómico – molecular), y el simbólico o representacional (símbolos, fórmulas, ecuaciones), entre los cuales el estudiante se debe mover mediante el uso de un lenguaje que no siempre diferencia de forma explícita el nivel en el cual se encuentra.

Por ejemplo, en el estudio realizado por Caamaño (2019), al preguntar al estudiantado sobre qué representan las fórmulas Fe , H_2 , O_2 , S_8 , HCl , H_2O , NH_3 , NaCl , y SiO_2 , se expone que los símbolos químicos de los elementos y las fórmulas químicas de las sustancias elementales o de los compuestos, a veces son utilizadas en un nivel macroscópico y otras en un nivel submicroscópico, es decir, pueden representar átomos, así como también ser usados para representar sustancias elementales como el caso del hierro. Esto también ocurre para el caso de

las fórmulas químicas, donde pueden estar representando a sustancias elementales como es el caso del oxígeno (O_2) o representar un compuesto químico como el cloruro de hidrógeno (HCl) o cloruro de sodio (NaCl). Sin embargo, se ha encontrado que las fórmulas químicas también son vistas como representación de las moléculas que forman a los compuestos, significado que muchas veces se extiende de forma errada a sustancias que no son moleculares como es el caso del cloruro de sodio y el dióxido de silicio (NaCl, y SiO_2).

Esto se relaciona estrechamente con la dificultad asociada al lenguaje químico, en el cual los términos y fórmulas químicas poseen múltiples significados dependiendo del tipo de sustancia que representan, por ejemplo, si se trata de una sustancia elemental molecular como el azufre, la fórmula S_8 nos indica que el azufre es molecular y a su vez la molécula de azufre está conformada por 8 átomos de azufre. En el caso de las sustancias elementales no moleculares, como es el caso de Fe o Si, su fórmula indica el tipo de átomo que la forma, pero no entrega información sobre su estructura más allá de que no está formada por moléculas.

Para los compuestos la fórmula por sí sola no permite deducir si representa a una molécula (como podrían ser H_2O , NH_3) o la unidad de una estructura gigante como es el caso del cloruro de sodio y el dióxido de silicio (NaCl y SiO_2). Ligado a esto, se puede mencionar que existe una ausencia de términos apropiados para un nivel estructural determinado, por ejemplo, en el caso del cloruro de sodio, podemos decir que este par de iones $Na^+ Cl^-$ conforman la estructura multiiónica del cloruro de sodio, denominación que es demasiado larga, por lo que, se ha sugerido utilizar el nombre de *unidad-fórmula*, sin embargo, este concepto no ha sido del todo extendido (Caamaño, 2007).

Otra de las concepciones alternativas que mantienen los estudiantes es que no comprenden las fórmulas químicas en términos de partículas, donde si bien ajustan correctamente las ecuaciones químicas, no distinguen el significado de los subíndices de las fórmulas y de los coeficientes estequiométricos (Yarroch, 1985; citado en Raviolo et al., 2014), es decir, para los estudiantes estos dos factores indicarían la misma información (Pozo et al., 1991).

En sintonía con lo previo, y según lo planteado por Gilbert y Treagust (2009), los estudiantes presentan dificultades para entender, aplicar y encontrar la relación entre los niveles representacionales, lo cual se puede atribuir, en el nivel macroscópico a una falta de experiencia producto de la carencia de actividades prácticas que se realizan en el aula. En el nivel

submicroscópico las confusiones mayormente son sobre la naturaleza de la materia, así como la incapacidad de visualizar las entidades representadas en este nivel. Mientras que, en el nivel simbólico se encuentra la falta de entendimiento, o desconocimiento, de las convenciones.

Continuando con lo anterior, estudios como el de Gómez-Moliné et al. (2008) con estudiantes de primer semestre de carreras científicas, han detectado que uno de los obstáculos en el aprendizaje de la nomenclatura corresponde a la confusión con las reglas empleadas.

Estudios realizados en Chile, han dejado en evidencia que escolares de segundo medio establecen una baja relación entre los niveles macroscópico y submicroscópico (Ordenes et al., 2014). Como plantean Furió y Domínguez (2007), habitualmente se inicia directamente la enseñanza del mundo submicroscópico con ayuda del nivel simbólico, creyendo que las explicaciones se asociaron con los referentes macroscópicos supuestamente ya conocidos. Esta podría ser una práctica en la que se incurriría en el aula chilena, donde como se exhibe en el currículo, el estudio de las reacciones químicas, comienza con el nivel macroscópico en 7° básico, continuando con el nivel submicroscópico en 8° básico.

Tabla 4.

Objetivos relacionados con las reacciones químicas entre 7° básico y 1° medio.

Nivel	Objetivos
7° Básico	CN07 OA15: Investigar experimentalmente los cambios de la materia y argumentar con evidencia empírica que estos pueden ser físicos o químicos.
8° Básico	CN08 OA13: Desarrollar modelos que expliquen que la materia está constituida por átomos que interactúan, generando diversas partículas y sustancias.
1° Medio	CN1M OA17: Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando: <ul style="list-style-type: none"> - La producción de gas, la formación de precipitados, el cambio de temperatura, color y olor, y la emisión de luz, entre otros. - La influencia de la cantidad de sustancia, la temperatura, el volumen y la presión en ellas. - Su representación simbólica en ecuaciones químicas. - Su impacto en los seres vivos y el entorno.
	CN1M OA18: Desarrollar un modelo que describa cómo el número total de átomos no varía en una reacción química y cómo la masa se conserva aplicando la ley de la conservación de la materia.
	CN1M OA19: Explicar la formación de compuestos binarios y ternarios, considerando las fuerzas eléctricas entre partículas y la nomenclatura inorgánica correspondiente.
	CN1M OA20: Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas (estequiometría) y explicar la formación de compuestos útiles para los seres vivos, como la formación de la glucosa en la fotosíntesis.

Nota. Información obtenida de Bases Curriculares (2015).

De forma análoga, en el caso de la interpretación de los componentes de una ecuación química, como señala Caamaño (2007), el profesorado evita incurrir en problemas

terminológicos, cambiando el nivel descriptivo en la lectura de ecuaciones químicas, sin embargo, esta es una de las causas de la tendencia a atribuir el carácter de moléculas a todas las fórmulas como ya se mencionó anteriormente.

Finalmente, Ordenes et al. (2014), sobre las representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas de la materia, “la principal implicancia didáctica en la ausencia de estas conceptualizaciones en la secuenciación de los contenidos de la química es la de no salir al paso de las dificultades de aprendizaje que se presentan, sobre todo en niveles introductorios” (p. 48). Ante este elemento, el presente trabajo busca abordar las ideas previas que tienen los estudiantes entre el simbolismo químico de las ecuaciones químicas y su respectivo significado.

Metodología

Paradigma

En los últimos años se han adoptado diferentes aproximaciones a la investigación en educación, lo cual recibe la denominación de paradigma. Este se puede definir como un punto de vista, o manera, para analizar, interpretar y entender la realidad educativa. También involucra la relación entre el que investiga, la realidad, y el modo en que se obtiene conocimiento de dicha realidad. A partir de esto se han propuesto tres tipos de paradigmas, siendo estos; el paradigma positivista, el sociocrítico, y el interpretativo. Siendo este último el seleccionado para el presente trabajo (Bisquerra, 2009).

El paradigma interpretativo hace énfasis en comprender a profundidad las perspectivas particulares (Bisquerra, 2009), en este caso de estudiantes de educación media, buscando interpretar desde sus respuestas la presencia de los niveles representativos de Johnstone en las ideas previas sobre la significación que le atribuyen a la simbología utilizada en las ecuaciones químicas.

Si bien el paradigma interpretativo conlleva preferentemente una metodología cualitativa, según Morgan (citado en Batthyany y Cabrera, 2011), es posible integrar los abordajes cuantitativos y cualitativos en una misma investigación. De esta manera, de acuerdo con los objetivos planteados para este trabajo, se busca exponer los resultados de forma cualitativa a través de citas textuales de las respuestas de los participantes, y de forma cuantitativa por medio del análisis de la frecuencia con que los fragmentos fueron clasificados.

Estudio de casos

El método utilizado fue el estudio de casos, uno de los más utilizados en el campo educativo, el cual implica un proceso de indagación caracterizado por el examen sistemático y en profundidad de casos de un fenómeno, entendiendo este último como una entidad social o entidades educativas únicas (Yin, 1989; citado en Bisquerra, 2009). El estudio de caso es particularista (Pérez, 1994; citado en Bisquerra, 2009), orientado a comprender profundamente la realidad singular de un individuo, un grupo, una institución social, o una comunidad, siendo en este caso un grupo de 6 estudiantes de primero medio, quienes voluntariamente decidieron participar de este trabajo.

Contexto – Participantes

El estudio se realizó con 6 estudiantes del Colegio Plus Ultra ubicado en la comuna de Independencia de la Región Metropolitana. Dicho establecimiento cuenta con educación básica de 7° y 8°, educación media técnica profesional, y educación vespertina para adultos.

Los 6 estudiantes que participaron del estudio se encontraban finalizando el primer año de educación media, ad-ortas de elegir una especialidad técnica dentro del amplio espectro que maneja el establecimiento.

Para los y las estudiantes que participaron esta era su primera vez cursando la asignatura de Química en el nivel ya mencionado, y asistían semanalmente de manera presencial a clases en un bloque de 1 hora y 10 minutos de duración.

Las edades de los participantes se encuentran entre 15 y 16 años, es decir, de acuerdo a los periodos de desarrollo cognitivo propuestos por Piaget (1972), se encuentran en el nivel de las operaciones formales. Se trata de una etapa en la cual el niño se vuelve capaz de razonar y deducir con una lógica deductiva sobre hipótesis y proposiciones.

Instrumento

Las concepciones de los estudiantes se recopilaron mediante un cuestionario a través de la plataforma Google Forms, el cual estuvo a libre disposición durante una semana para que los y las estudiantes voluntariamente pudieran registrar sus respuestas.

Se realizaron preguntas abiertas, las cuales permiten entregar libertad absoluta a los participantes para la formulación de sus respuestas (Corbetta, 2003). Dichas preguntas fueron formuladas a partir de los componentes lingüísticos propuestos por Jacob; *sintaxis química* y *semántica química*, desde los cuales se levantaron distintas subcategorías.

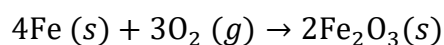
A continuación, se especifican las preguntas del cuestionario, y su distribución (tabla 5).

Tabla 5*Distribución de preguntas de acuerdo a los componentes lingüísticos propuestos por**Jacob (2001)*

Componente lingüístico	Dimensión	Nº Pregunta
Sintaxis química	Uso de letras mayúsculas y minúsculas	7, 8, 9
	Orden en la combinación de símbolos para compuestos binarios	4, 5, 6
	Distinción entre subíndices y coeficientes estequiométricos	1, 2, 3
Semántica química	Significado de los componentes de la ecuación	10
	Significado de la ecuación en su conjunto	11, 12, 13

Nota. Elaboración propia

De acuerdo con la siguiente ecuación química:



Responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué crees que indica el número “3” delante del símbolo “O₂”?
2. ¿Qué crees que indica el número “2” en el símbolo “O₂”?
3. ¿De qué otra forma organizarías los números “3” y “2” en el símbolo “3O₂”? ¿por qué?
4. ¿Por qué crees que en la fórmula “Fe₂O₃” se escribe primero el símbolo “Fe₂” y después “O₃”?
5. ¿Crees que podríamos invertir el orden de la fórmula “Fe₂O₃” y escribirlo como “O₃Fe₂”? ¿por qué?
6. ¿De qué otra forma representarías la fórmula “Fe₂O₃”? ¿por qué?
7. ¿Por qué crees que el símbolo “Fe” se compone por una letra “F” mayúscula y una letra “e” minúscula?
8. ¿Crees que se podría representar el símbolo “Fe” como “FE”? ¿por qué?
9. ¿De qué otra forma representarías el símbolo “Fe”?
10. ¿Qué crees que significan los símbolos “(s)” y “(g)”?
11. ¿Por qué crees que en la ecuación química se presentan los símbolos “4Fe(s)” y “3O₂(g)” a la izquierda de la flecha, mientras que el símbolo “2Fe₂O₃(s)” se encuentra a la derecha?

12. ¿Qué información entrega la ecuación química presentada?

13. Los clavos de la siguiente imagen han sido expuestos al aire libre por largo tiempo



¿Cómo relacionas esto con la ecuación química presentada anteriormente?

Análisis

Para analizar las respuestas de los y las participantes, se lleva a cabo un análisis de contenidos, el cual corresponde a una serie de procedimientos interpretativos de textos y/o discursos, que tiene como objetivo elaborar y procesar datos. Esto se realiza a partir de unidades de análisis, es decir, en base a elementos básicos para analizar textos (González-Teruel, 2015).

En el caso del presente trabajo, para realizar el análisis de contenidos, primeramente, fueron fragmentadas y clasificadas de acuerdo con los niveles representacionales propuestos por Johnstone; macroscópico, submicroscópico, y simbólico/representativo, lo que permite obtener un panorama general de las respuestas atribuidas a cada nivel. Para este propósito se consideran las definiciones de los diversos autores expuestas en el marco teórico, así como también los conceptos claves más importantes en la enseñanza de la química propuestos por Caamaño (2007) relacionados a dichos niveles (tabla 6).

Posteriormente, se analizan las respuestas dentro de cada uno de los niveles ya mencionados, identificando y agrupando los principales temas tratados.

Finalmente, se puede mencionar que acorde a los objetivos planteados, se realiza un análisis de contenidos cuantitativo abordando las respuestas de forma deductiva, así como también un análisis de forma inductiva para dar cuenta de las respuestas de manera cualitativa (González-Teruel, 2015).

Tabla 6

Niveles representacionales propuestos por Johnstone con sus respectivas definiciones e indicadores

Nivel representacional	Definición	Conceptos / Indicadores
Macroscópico	Dimensión observable, que comprende las características visuales de los reactivos, así como también los fenómenos y transformaciones percibidas a través de los sentidos.	<ul style="list-style-type: none">- Propiedades y características de las sustancias- Estados de agregación- Cambios de fase- Mezclas- Disoluciones- Sustancias puras- Reacción química- Elementos- Compuestos- Tabla periódica de los elementos
Submicroscópico	Mundo invisible de los átomos y moléculas que explica y da sentido a los fenómenos observables del mundo.	<ul style="list-style-type: none">- Teoría corpuscular de la materia- Partículas- Átomos- Moléculas- Iones- Modelos atómicos- Enlace químico- Geometría molecular- Fuerzas intermoleculares.
Simbólico	Expresión de conceptos químicos mediante palabras, mediando entre los niveles macroscópico y submicroscópico.	<ul style="list-style-type: none">- Fórmulas- Símbolos- Ecuaciones químicas- Expresiones matemáticas- Gráficos- Nomenclatura- Diagramas.

Nota. Elaboración propia a partir de los conceptos claves propuestos por Caamaño (2007).

Análisis de resultados

Resultados: Identificar la presencia de los niveles representacionales en las concepciones que presentan los estudiantes sobre los componentes de las ecuaciones químicas

Las respuestas de los y las participantes dan cuenta, en mayor o menor medida, de la presencia de los tres niveles representacionales propuestos por Johnstone; macroscópico, submicroscópico y simbólico. La tabla 7 ilustra las respuestas representativas de cada nivel, así como también el número de respuestas totales atribuibles a cada uno.

Tabla 7

Respuestas representativas, clasificadas de acuerdo con los niveles representacionales propuestos por Johnstone

Nivel representacional (cantidad total)	Respuestas representativas
Macroscópico (19 respuestas)	<ul style="list-style-type: none">- Significa (S) estado solido y (g) estado gaseoso (L75)- El fósforo es solido el oxígeno gaseoso y los dos juntos son solidos (L93)- Nos entrega la información de que el hierro se está oxidado con el oxígeno, proceso de oxidacion, porque ocurre en presencia de oxígeno. (L87-88)- Los clavos están hechos de hierro, elemento químico, al estar expuestos al medio ambiente, son oxidados por el contacto con el oxígeno. (L95-97)- No lo creo, ya que quizás E es un elemento en la tabla periódica, y podría decir que F y E son diferentes elementos, no uno solo (L63-64)- No por que ya no seria fósforo si no que seria otro compuesto (L67)
Submicroscópico (9 respuestas)	<ul style="list-style-type: none">- La cantidad de particulas de oxígeno (L1)- Tendria la misma cantidad de particulas (L42)- El número de moléculas de O₂ (L2)- Por que el Fe tiene 2 moléculas y el O solo una (L28)- El número de átomos de oxígeno (L8)- Significa que hay dos átomos de oxígeno (L12)
Simbólico (25 respuestas)	<ul style="list-style-type: none">- Sería diferente si ambos estuvieran en mayúscula, ya que en el lenguaje químico, la mayúscula representa un solo elemento (L50-51)- Creo que significa el nombre del reactivo, ejemplo si son dos mayúsculas es decir que hay dos reactivos. (L52-53)- 2O₃ ya que serian la misma cantidad de oxígeno (L17)- 2O₃, porque dan la misma cantidad de átomos, por lo que la reacción no cambia (L19)- No creo que exista otra forma de representar la formula Fe₂O₃, a menos que use la nomenclatura, que sería Oxido de hierro III. (L38-39)- Deja como resultado óxido de hierro, cosa que es resultado de la formula. (L96-97)- Porque por un lado están los elementos que reacciona para dar lugar al resultado que se ve al otro lado de la flecha. (L79-80)- Ya que los de la izquierda son los reactantes y los de la derecha el producto (L81)- Las moléculas de el elemento oxígeno (L9)- La cantidad de átomos de el elemento. (L10)

Nota. Elaboración propia a partir de las respuestas de los participantes.

La cantidad de respuestas totales atribuidas a alguno de los niveles corresponde a un total de 53 frases. A modo general, de acuerdo con la cantidad de comentarios por nivel, la mayoría de las respuestas se localizan en el nivel simbólico/representativo (47%), luego se posicionan las respuestas del nivel macroscópico (36%), y finalmente con una cantidad inferior se encuentra el submicroscópico (17%), como se ilustra en el gráfico 1.

Gráfico 1

Presencia de los niveles representacionales en las concepciones de los estudiantes

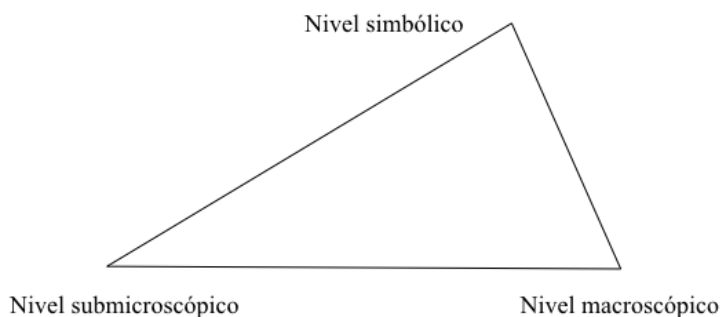


Nota. Elaboración propia.

Si se representan las cantidades de frases recopiladas para cada nivel en forma de triángulo (figura 3), el resultado se aleja de la representación triangular propuesta por Johnstone y de lo mencionado por Reyes-Cárdenas (2021), relacionado a la complementariedad de los tres niveles.

Figura 3.

Representación triangular de acuerdo a la cantidad de respuestas en cada nivel



Nota. Elaboración propia (ángulos en proporción al porcentaje de respuestas obtenidas para cada nivel).

Esto deja entrever que los estudiantes asocian los componentes de las ecuaciones químicas en mayor medida a los niveles macroscópico y simbólico. De acuerdo con Nakamatsu (2012), un exceso de presencia del nivel macroscópico se traduce en la memorización de propiedades y hechos, mientras que la predominancia del nivel simbólico se torna en un aprendizaje demasiado abstracto y teórico. Por su parte el nivel submicroscópico encarna una baja asociación a la estructura de la materia en base a sus partículas, lo cual puede ser relacionado con el grado de abstracción e imaginación que requiere dicho nivel. Esto nos indica la pertinencia por fortalecer las clases de química en pos de mejorar la asociación del nivel submicroscópico en los estudiantes.

Resultados: Sistematizar las concepciones de los estudiantes, sobre el significado de los componentes en las ecuaciones químicas, de acuerdo a los niveles representacionales

Así como se han distribuido las respuestas de acuerdo a los niveles representacionales de Johnstone, dentro de cada uno de estos es posible establecer una organización de las respuestas obtenidas, lo cual se expone a continuación.

Respuestas del nivel macroscópico

De acuerdo con las definiciones propuestas para cada nivel representacional, se encuentran variadas respuestas atribuibles al nivel macroscópico, las cuales se pueden sistematizar como se expone en la tabla 8.

Tabla 8

Sistematización de las respuestas del nivel macroscópico

Nivel representacional	Respuestas representativas	
Macroscópico	- Nos entrega la información de que el hierro se está oxidado con el oxígeno, proceso de oxidación, porque ocurre en presencia de oxígeno. (L87-88) - Los clavos están hechos de hierro, elemento químico, al estar expuestos al medio ambiente, son oxidados por el contacto con el oxígeno. (L95-97)	Reacción de oxidación
	- Significa (S) estado sólido y (g) estado gaseoso (L75) - El fósforo es sólido el oxígeno gaseoso y los dos juntos son sólidos (L93)	Estados de agregación
	- No lo creo, ya que quizás E es un elemento en la tabla periódica, y podría decir que F y E son diferentes elementos, no uno solo (L63-64) - No por que ya no sería fósforo si no que sería otro compuesto (L67)	Elementos y compuesto: clasificación macroscópica de las sustancias

Nota. Elaboración propia.

Primeramente, tenemos aquellas respuestas que hacen alusión a la reacción de oxidación, destacando aspectos como la exposición al medio ambiente y la transformación que ocurre al estar en contacto el hierro con el oxígeno, es decir, conciben la materia y sus cambios tal como los perciben (Pozo y Gómez, 2005).

Seguido de esto, otro grupo de respuestas hacen referencia a los estados de agregación presentes como componentes de la ecuación química, sólido y gaseoso, es decir, existe una relación directa entre el símbolo y una de las características físicas de las sustancias.

Dentro de las respuestas también se encuentran aquellas que emplean conceptos tales como compuesto y elemento, que corresponden a una de las formas de clasificar macroscópicamente las sustancias.

Respuestas del nivel submicroscópico

En este nivel es donde se encuentra la menor cantidad de comentarios por parte de las y los estudiantes. Desde una visión a partir de las palabras que se emplean para referirse a este nivel representacional, los conceptos que utilizan los participantes corresponden principalmente a tres, partículas, moléculas y átomos, como se expone en la tabla 9.

Tabla 9

Sistematización de las respuestas del nivel submicroscópico

Nivel representacional	Respuestas representativas	
Submicroscópico	- La cantidad de partículas de oxígeno (L1) - Tendría la misma cantidad de partículas (L42)	Cantidad de partículas
	- El número de moléculas de O ₂ (L2) - Por que el Fe tiene 2 moléculas y el 0 solo una (L28)	Cantidad de moléculas
	- El número de átomos de oxígeno (L8) - Significa que hay dos átomos de oxígeno (L12)	Cantidad de átomos

Nota. Elaboración propia.

Además, todos los comentarios son referentes únicamente a la cantidad o número de partículas, moléculas y/o átomos, lo que no permite entrever interrelaciones con los otros niveles representacionales.

Esto revela una tendencia por parte de los estudiantes de quedarse con las dimensiones observable y representacional más que con el mundo invisible, lo cual se relaciona estrechamente con lo expuesto por De Luca et al. (2015) sobre el obstáculo que significa para los estudiantes trabajar con cantidades no observables. Además, Galagovsky et al. (2003), plantean que, los estudiantes de secundaria no asocian apropiadamente las fórmulas químicas con un nivel particulado de la materia.

Además, dentro de este nivel se refleja una ausencia de ciertos indicadores claves, tales como; enlace químico, fuerzas intermoleculares, modelos atómicos, entre otros. Esto igualmente entrega información sobre aquellos conceptos que debieran ser reforzados en la clase de química.

Respuestas del nivel simbólico

En el nivel simbólico es donde se encuentra la mayor cantidad de respuestas, las cuales pueden ser distribuidas como se presenta en la tabla 10.

Tabla 10

Sistematización de las respuestas del nivel simbólico

Nivel representacional	Respuestas representativas	
Simbólico	- Sería diferente si ambos estuvieran en mayúscula, ya que en el lenguaje químico, la mayúscula representa un solo elemento (L50-51) - Creo que significa el nombre del reactivo, ejemplo si son dos mayúsculas es decir que hay dos reactivos. (L52-53)	Mayúscula como diferenciador de elemento/reactivo/fórmula
	- 2O ₃ ya que serían la misma cantidad de oxígeno (L17) - 2O ₃ , porque dan la misma cantidad de átomos, por lo que la reacción no cambia (L19) - No creo que exista otra forma de representar la fórmula Fe ₂ O ₃ , a menos que use la nomenclatura, que sería Óxido de hierro III. (L38-39) - Deja como resultado óxido de hierro, cosa que es resultado de la fórmula. (L96-97)	Nomenclatura (fórmulas y nombres)
	- Porque por un lado están los elementos que reacciona para dar lugar al resultado que se ve al otro lado de la flecha. (L79-80) - Ya que los de la izquierda son los reactivos y los de la derecha el producto (L81)	Orden de escritura de los componentes en las ecuaciones químicas
	- Las moléculas de el elemento oxígeno (L9) - La cantidad de átomos de el elemento. (L10)	Lenguaje utilizando conceptos del nivel macroscópico y submicroscópico

Nota. Elaboración propia.

Parte de las respuestas apuntan a la representación de los símbolos elementales, donde destacan el uso de las letras mayúsculas y minúsculas para diferenciar entre un elemento y otro dentro de una fórmula química. En esta misma línea, otro grupo de respuestas son referidas a la nomenclatura química, es decir, a los nombres y fórmulas que se emplean, donde los participantes hacen uso de distintos símbolos para representar a los componentes de la ecuación química, siendo uno de los más recurrentes la inversión entre coeficiente estequiométrico y subíndice justificando su elección señalando que se cumple la misma cantidad de átomos.

También se encuentran respuestas que dan cuenta del orden en la escritura de la ecuación química, donde señalan que reactivos son escritos al lado izquierdo de la flecha, mientras que productos se posicionan al lado derecho de la misma.

Referente al lenguaje utilizado en las respuestas, se encuentran palabras referentes al nivel macroscópico y submicroscópico empleadas en una misma oración, es decir, se expresan conceptos mediando entre los dos niveles representativos mencionados.

Los resultados obtenidos pueden ser relacionados con lo expuesto en el marco teórico, en el caso del nivel submicroscópico se pudo evidenciar que existe una baja relación entre la simbología y las entidades que representan desde el punto de vista de este nivel. Por otro lado, en el nivel macroscópico existe una mayor asociación a los distintos indicadores presentados, acorde a lo señalado en la teoría sobre la tendencia por parte del estudiantado a relacionar los componentes de las ecuaciones químicas con características observables.

En el caso del nivel simbólico, este se encuentra representado por el reconocimiento y asociación de los componentes de las ecuaciones químicas, donde los estudiantes destacan convenciones propias de los nombres y fórmulas químicas, así como también por ser mediador entre los niveles macroscópicos y submicroscópico, lo cual involucra un nivel mayor de complejidad (Taber, 2013; citado en Cutrera y Stipcich, 2009).

En base a estos resultados se puede decir que es crucial reforzar conceptos propios del nivel submicroscópico durante las clases de química. Esto podría llevarse a cabo a partir de establecer relaciones entre dicho nivel y los niveles macroscópico y simbólico, los cuales tienen mayor presencia en las concepciones de los estudiantes.

Conclusiones

En la enseñanza de las ciencias, más específicamente de la química, el lenguaje ha sido entendido como un mero vehículo mediante el cual se transmite el conocimiento (Ford y Peat, 1988). Sin embargo, como plantea Quilez (2016), en las últimas décadas la investigación educativa ha instaurado una visión de cambio acerca de esta forma tradicional de tratar el lenguaje en el aprendizaje de las ciencias. Esto cobra vital importancia al considerar que, el dominio del lenguaje, entendiendo este como el conjunto de normas, símbolos, fórmulas, nomenclatura, que se deben manejar para llevar a cabo la enseñanza de la química, se manifiesta como un buen predictor del éxito académico (Pyburn et al., 2013).

En el caso de las ecuaciones químicas, presentan su propia configuración en cuanto a la sintaxis y semántica química, a partir de las cuales se pueden desprender información desde los tres niveles representacionales propuestos por Jacob; macroscópico, submicroscópico y simbólico. Esta pluralidad de significados que se pueden atribuir hace necesario plantear estrategias didácticas adecuadas formuladas a partir de las concepciones que tienen los estudiantes. En el caso del docente, o experto, desplazarse entre los niveles ya mencionados no constituye una dificultad, sin embargo, en el caso del estudiantado ha quedado en evidencia la falencia del nivel submicroscópico y su falta de asociación con los otros niveles. Ante esto, una propuesta metodológica es abordar la representación estructural de las sustancias y sus partículas constitutivas de forma simultánea con las fórmulas químicas, y no de la manera seccionada que se plantea en el currículo nacional. Otra propuesta presentada por Caamaño (2019) es realizar el estudio de las moléculas mediante modelos moleculares en conjunto con su expresión como fórmula y nomenclatura, acercando de esta forma el nivel submicroscópico al simbólico. En cuanto al nivel macroscópico, que si bien no ha quedado en manifiesto su ausencia, algunos autores han señalado que las experiencias de laboratorio fortalecen el reconocimiento de características de las sustancias, así como también su clasificación (Galache y Pérez 2009).

Estas propuestas para mejorar la enseñanza del simbolismo utilizado en las ecuaciones químicas, en cuanto a los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, son acordes a lo encontrado en los resultados de este estudio, sin embargo, siempre se debe considerar que para la preparación y desarrollo de las clases es necesario partir de los conocimientos previos, sobretodo a la hora de hablar, leer y escribir el lenguaje químico (Quilez, 2016).

Referencias

- Batthyány, K. y Cabrera, M. (2011). *Metodología de investigación en Ciencias Sociales. Apuntes para un curso inicial*. Universidad de la República de Uruguay.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-217
- Bisquerra, R. (Ed.). (2009). *Metodología de la Investigación Educativa*. Editorial La Muralla.
- Caamaño, A. (2007). La enseñanza y el aprendizaje de la química. En Jiménez, M., Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E., y De pro, A. (Eds.). *Enseñar ciencias* (pp. 203-240). GRAÓ.
- Caamaño, A. (2019). El significado de las fórmulas químicas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 97, 35-44.
- Caamaño, A. y Oñorbe, A. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 41, 68-81
- Chang, R. (2013). *Química*. McGrawHill.
- Cassasas, E. (1998). La nomenclatura de las sustancias inorgánicas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17, 37-45.
- Castelán, M. y Hernández, G. (2009). Estrategia didáctica para apoyar la comprensión de la estequiometría a partir del uso de analogías. *X Congreso Nacional de Investigación Educativa*. México.
- Ciriano, M., Borrás, J. y Alcañiz, E. (2016). *Resumen de las normas IUPAC 2005 de Nomenclatura Química Inorgánica para su uso en enseñanza secundaria y recomendaciones didácticas*. Real Sociedad Española de Química.
- Connelly, N., Damhus, T., Hartshorn, R. y Hutton, A. (2005). *Nomenclature Of Inorganic Chemistry IUPAC Recommendations 2005*. RSC Publishing.
- Contreras, S. (2016). Pensamiento Pedagógico en la Enseñanza de las Ciencias: Análisis de las Creencias Curriculares y sus Implicancias para la Formación de Profesores de Enseñanza Media. *Formación universitaria*, 9(1), 15-24. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000100003>
- Corbetta, P. (2003). *Metodología y Técnicas de Investigación Social*. McGraw Hill Education.

Cutrera, G. y Stipcich, S. (2016). El triplete químico. Estado de situación de una idea central en la enseñanza de la Química. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación en Iberoamérica*, 3(6), 1-24.

<https://www.cagi.org.mx/index.php/CAGI/article/view/103>

De Luca, J. Pappalardo, P. Constantino, G. y Moreno, R. (2015). Análisis de las dificultades de alumnos de primer año del ISFD 95 en el aprendizaje de conceptos químicos. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata

Ford, A. y Peat, F. (1988). The role of language in science. *Foundation of Physics*, 18, 1233-1241.

Furió-Mas, C. y Domínguez-Sales, C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias*, 25(2), 214-258. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87876>

Galache, I. y Pérez, P. (2009). Expresión de Conceptos Químicos Mediante Lenguaje Significativo. *Formación Universitaria*, 2(2), 9-16.

Galagovsky, L., Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11_Vol8_N3.pdf

Galagovsky, L., Bonán, L. y Adúriz, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(2), 315-322. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94924>

Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N., Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(1), 107-121.

<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21898>

- Gallego, J. (2018). Evolución de las ideas previas sobre las reacciones químicas de alumnos de 6º curso de educación primaria tras la realización de una intervención didáctica. (Trabajo final de grado, Universidad de Extremadura). Archivo digital.
<https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/9210>
- García, A., Bertomeu, J. (1998). Lenguaje, ciencia e historia: Una introducción histórica a la terminología química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17, 20-37.
<http://hdl.handle.net/10045/24348>
- Gellon, G., Rosenvasser, E., Furman, M. y Golombek, D. (2011). *La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Paidós.
- Gilbert, J. y Treagust, D. (2009). *Multiple representations in Chemical Education*. Springer
- Godoy, Z. (2020). *Química 1º y 2º medio, texto del estudiante*. Santillana.
- González-Teruel, A. (2015). Estrategias metodológicas para la investigación del usuario en los medios sociales: Análisis de contenido, teoría fundamentada y análisis del discurso. *El profesional de la información*, 24(3), 321-328. <https://doi.org/10.3145/epi.2015.mar.12>
- Gómez-Moliné, M., Morales, M. y Reyes-Sánchez, L. (2008). Obstáculos detectados en el aprendizaje de la nomenclatura química. *Educación Química*, 19(3), 201-206.
<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2008.3.25832>
- Jacob, C. (2001). Analysis and Synthesis. Interdependent Operations in Chemical Language and Practice. *International journal for philosophy of chemistry*, 7(1), 31-50.
<http://www.hyle.org/journal/issues/7/jacob.htm>
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Editorial Paidós.
- Lorenzo, M. G. (2021). Escribir y hablar en química ¿Quimiqués o símbolos para construir conocimiento?. *Enseñanza de Química*, 4(1), 8-24.
<http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/1513>
- Ministerio de Educación (2015). *Bases curriculares 7º básico a 2º medio*. Gobierno de Chile.
- Montagut, P. (2010). Los procesos de enseñanza y aprendizaje del lenguaje de la química en estudiantes universitarios. *Educación química*, 21(2), 126-138.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000200004&lng=es&tlng=es

- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la Química. *Revista sobre Docencia Universitaria*, 3(2), 38-46.
- Osborne, R., Bell, B. y Gilbert, J. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European journal of science education*, 5(1), 1-14.
- Osborne, R. y Freyberg, P. (1998). *El aprendizaje de las ciencias. Influencia de las "ideas previas" de los alumnos*. Narcea Ediciones.
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R. y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46-55. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000100008&lng=es&tlng=es.
- Piaget, J. (1972). *Estudios de Psicología Genética*. Emecé Editores.
- Pozo, J. y Gómez C. (2005) The embodied nature of implicit theories: The consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23(3), 351-387.
- Pozo, J., Gomez, M., Limon, M. y Sanz, A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. CIDE. https://www.researchgate.net/publication/39214518_Procesos_cognitivos_en_la_comprension_de_la_ciencia_Las_ideas_de_los_adolescentes_sobre_la_Quimica
- Pyburn, D., Pazicni, S., Benassi, V. y Tappin, E. (2013). Assessing the relation between language comprehension and performance in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 529-541.
- Quilez-Pardo, J. (2016). ¿Es el profesor de Química también profesor de Lengua?. *Educación Química*, 27(2), 105-114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.10.002>
- Raviolo, A., Lerzo, G. y Piovano, N. (2014). Ideas para el aula. Enseñar estequiometría con analogías: Desarrollo de una secuencia didáctica. *Educación en la Química en línea*, 20(2), 129-142. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/6425>
- Reyes-Cárdenas, F., Ruiz-Herrera, B., Llano, M., Lechuga, P. y Mena, M. (2021). El aprendizaje de la reacción química: el uso de modelos en el laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 39(2), 103-122. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3229>