

Caracterización de los niveles de representación en textos escolares utilizados para la enseñanza de reacciones químicas en grado décimo

Luisa Fernanda Toro Rodríguez

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Caldas

Manizales

2023

**Caracterización de los niveles de representación en textos escolares utilizados para la
enseñanza de reacciones químicas en grado décimo**

Luisa Fernanda Toro Rodríguez

Química industrial

Estudiante de la Maestría en Química

Modalidad de profundización en didáctica

Director

Francisco Javier Ruíz Ortega

Doctor en didáctica de las Matemáticas y las Ciencias

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Caldas

Manizales

2023

Resumen

Los niveles de representación, macro, micro y simbólico han sido objeto de estudio en diversas temáticas y contextos de las ciencias naturales, especialmente en el ámbito de la química. Esto los ha posicionado como herramientas fundamentales en la didáctica para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en esta disciplina. No obstante, es importante destacar que la utilización inapropiada de las relaciones entre las representaciones puede ocasionar dificultades en la comprensión y el interés de los estudiantes.

Por otro lado, la investigación sobre los textos escolares ha dejado en claro que estos deben considerarse como recursos diseñados con el propósito de facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje, puesto que cumplen una función fundamental al respaldar la comunicación del conocimiento científico en el entorno educativo, al mismo tiempo que reflejan las perspectivas y enfoques académicos respaldados por los docentes.

El propósito de esta investigación cualitativa, que se enfoca en el análisis documental, es caracterizar los niveles de representación presentes en los contenidos relacionados con las reacciones químicas en los textos escolares utilizados comúnmente por los docentes de grado décimo para la enseñanza de las reacciones químicas en la ciudad de Pereira.

Para alcanzar este objetivo, se inició con la aplicación de una prueba a 15 docentes de Pereira, la cual reveló que los niveles de representación no se consideran de manera explícita al seleccionar los textos escolares. No obstante, los docentes son conscientes de las dificultades que surgen cuando algunas imágenes se centran únicamente en uno de los niveles de representación.

La prueba, además, permitió seleccionar 6 textos escolares utilizados por los docentes, en los que se identificaron los niveles de representación en el apartado de reacciones químicas y se evidenció que para el lenguaje gráfico el nivel predominante es el macroscópico, mientras que, en las representaciones escritas, el nivel más destacado es el simbólico.

Posteriormente se realizó una discusión crítica que permitió identificar seis obstáculos en los textos: brecha lingüística, lenguaje dual, subutilización explicativa, deficiencia microscópica, representaciones fragmentadas y nivel desarticulado y a partir de ellos se propone una rúbrica para evaluar los niveles de representación, la cual se validó y se aplicó en los libros de texto

analizados. Como resultado, se concluyó que la aceptabilidad de los libros de texto se sitúa en un nivel intermedio a bajo en términos de los criterios de representación.

Palabras clave: niveles de representación, reacciones químicas, textos escolares, enseñanza y aprendizaje.

Abstract

The macro, micro and symbolic levels of representation have been the object of study in various topics and contexts of the natural sciences, especially in the field of chemistry. This has positioned them as fundamental tools in didactics to improve teaching and learning processes in this discipline. However, it is important to emphasize that the inappropriate use of relationships between representations can cause difficulties in the understanding and interest of students.

On the other hand, research on school texts has made it clear that they should be considered as resources designed with the purpose of facilitating teaching and learning processes, since they play a fundamental role in supporting the communication of scientific knowledge in the educational environment, while reflecting the academic perspectives and approaches endorsed by teachers.

The purpose of this qualitative research, which focuses on documentary analysis, is to characterize the levels of representation present in the contents related to chemical reactions in school textbooks commonly used by tenth grade teachers for the teaching of chemical reactions in the city of Pereira.

To achieve this objective, we began with the application of a test to 15 teachers in Pereira, which revealed that the levels of representation are not explicitly considered when selecting school texts. However, teachers are aware of the difficulties that arise when some images focus only on one of the levels of representation.

The test also made it possible to select 6 school texts used by the teachers, in which the levels of representation in the section on chemical reactions were identified and it became evident that for the graphic language the predominant level is the macroscopic, while in the written representations, the most prominent level is the symbolic.

Subsequently, a critical discussion was carried out, which allowed the identification of six obstacles in the texts: linguistic gap, dual language, explanatory underutilization, microscopic deficiency, fragmented representations and disjointed level, and based on them, a rubric is proposed to evaluate the levels of representation, which was validated and applied

in the textbooks analyzed. As a result, it was concluded that the acceptability of the textbooks is at an intermediate to low level in terms of representation criteria.

Key words: levels of representation, chemical reactions, school textbooks, teaching and learning.

Tabla de contenido

Planteamiento del problema	10
Marco referencial.....	16
Antecedentes	16
Marco conceptual.....	25
Marco normativo.....	30
Marco contextual	32
Objetivos.....	33
General:.....	33
Específicos:.....	33
Metodología.....	34
Resultados.....	38
Textos escolares utilizados por los docentes del municipio de Pereira para la enseñanza del tema de reacciones químicas y criterios para su selección	38
Niveles de representación en los textos seleccionados para analizar el tema de reacciones químicas	44
Discusión	54
Propuesta de la rúbrica para la selección de textos escolares.....	68
Criterios de evaluación:	70
Conclusiones y limitaciones	72
Anexos.....	75
Referencias	93

Lista de tablas

Tabla 1.....	16
Tabla 2.....	18
Tabla 3.....	20
Tabla 4.....	21
Tabla 5.....	36
Tabla 6.....	40
Tabla 7.....	41
Tabla 8.....	43
Tabla 9.....	44
Tabla 10.....	47
Tabla 11.....	48
Tabla 12.....	49
Tabla 13.....	50
Tabla 14.....	51
Tabla 15.....	52
Tabla 16.....	53
Tabla 17.....	54
Tabla 18.....	71

Lista de figuras

Figura 1.....	26
Figura 2.....	29
Figura 3.....	38
Figura 4.....	39
Figura 5.....	40
Figura 6.....	56
Figura 7.....	60
Figura 8.....	61
Figura 9.....	61
Figura 10.....	63
Figura 11.....	63
Figura 12.....	66
Figura 13.....	68

Planteamiento del problema

En Colombia, como parte de las asignaturas obligatorias propuestas por el Ministerio de Educación Nacional se encuentra la química, como una de las tres disciplinas que comprenden las ciencias naturales, este saber se incluye en los estándares básicos de competencias y los derechos básicos de aprendizaje desde la primaria, siendo relevante su estudio en los diferentes niveles educativos porque desarrolla en los estudiantes competencias que les permiten comprender el mundo que los rodea desde el pensamiento científico. Su incorporación no solo requiere el reconocimiento de los saberes previos de los estudiantes, sino que también debe vincularse en los procesos de aprendizaje aspectos de orden emocional, actitudinal y lingüístico (Lombardi, 2009), tema último que justificará el por qué se ha elegido como foco de seguimiento en esta propuesta de investigación.

La química requiere de un lenguaje propio que hace posible hablar sobre la materia y como se transforma (Prieto Lamprea, 2019), y suele ser un lenguaje sumamente técnico, lo que dificulta el aprendizaje de esta ciencia porque el pensamiento está determinado por lo que se capta a través de los sentidos y los temas en química se presentan comúnmente de manera abstracta (Lombardi, 2009), sin tener en cuenta que se aprende del mundo, no solo por medio de las representaciones que se hacen de él en la mente (Cutrera & Stipich, 2016), sino por la manera cómo se utiliza el conocimiento en situaciones que demanda su aplicación comprensiva, consciente e intencionada. Por lo tanto, se convierte en un problema, aceptar que el lenguaje científico es diferente al lenguaje cotidiano, y que se requiere de herramientas didácticas que sumerjan al estudiante en este lenguaje propio de la ciencia (Prieto Lamprea, 2019), y se comprenda la química desde la representación, que según Johnstone parte de un equilibrio de esta en 3 niveles: macroscópico, microscópico y simbólico.

El nivel macroscópico, se relaciona con lo que se capta con los sentidos (Cutrera & Stipich, 2016), y Johnstone plantea que este debe ser el primer nivel con el que se familiarice el estudiante, teniendo en cuenta que lo macro es lo que puede relacionarse más fácilmente con la vida cotidiana (Cutrera, 2016).

En el nivel microscópico, es donde se presenta la mayor limitante al momento de entender química, ya que se habla del átomo sin un vínculo con algo tangible (Prieto Lamprea, 2019), y se requiere de un manejo adecuado de las representaciones pictóricas, que son análogas al modelo conceptual que representa, no al mundo real, requiriendo mayor capacidad de abstracción (Lombardi, 2009).

Y el nivel simbólico, está determinado por una representación lingüística, como es el caso de los símbolos de los elementos químicos (Lombardi, 2009), e incluso en algunos trabajos se ha planteado como un nivel intermedio que más que un vértice del triángulo sería una conexión entre los otros dos niveles (Cutrera & Stipcich, 2016).

Los niveles de representación propuestos por (Johnstone, 1993), han sido el foco de estudio para diferentes temáticas y situaciones, tal es el caso del reporte de (Prieto Lamprea, 2019), quien argumenta cómo la aplicación de las múltiples representaciones en la temática “átomo y moléculas”, afecta positivamente el aprendizaje de estos conceptos, y según el estilo cognitivo del estudiante, este accede más fácilmente a una determinada combinación de niveles, pero de una u otra manera deben estar presentes para fortalecer el aprendizaje (Prieto Lamprea, 2019). Además, (Gómez Mora, 2019), caracteriza las representaciones que elaboran los estudiantes de la misma licenciatura sobre las propiedades de la materia, y concluye que los futuros docentes no integran los tres niveles de representación y esta baja o nula interrelación, trae consigo falencias en la proporción de habilidades para comprender y explicar la química (Gómez Mora, 2019).

Por otro lado (Campaz Viveros & López Torres, 2021), hace evidente que las propuestas de enseñanza que buscan la relación de los niveles de representación, con temas que frecuentemente son de difícil comprensión y generan rechazo en los jóvenes, permiten estimular al estudiante para superar dificultades de descontextualización y desinterés por la asignatura, mejorando su comprensión simbólica, permitiendo que este resuelva problemas y los relacione con fenómenos de la vida cotidiana, teniendo en cuenta que los niveles de representación deben estar presentes de manera sincrónica y se debe partir del nivel

experimental para relacionar las observaciones con los otros dos niveles (Campaz Viveros & López Torres, 2021).

Las reacciones químicas son consideradas por (Gillespie, 1997), como una de las ideas más importante de la química, porque es a través de ellas que se hace posible la explicación de los fenómenos químicos, y por (Caamaño Ros, 2014), como un aspecto esencial de la estructura conceptual de la química, pues es importante la comprensión de este tema para tener una buena fundamentación en este saber (Reyes-Cárdenas et al., 2021). Además, las reacciones químicas son un tema que se encuentra en los derechos básicos de aprendizaje desde grado octavo y es fundamental en los planes de estudio de la media académica, pero se convierte en un concepto de difícil comprensión porque requiere que los estudiantes expliquen desde lo macro, lo que ocurre a nivel microscópico por medio de representaciones simbólicas, y para ellos, establecer las relaciones entre estos 3 niveles es lo que representa una dificultad (Vetere et al., 2019), convirtiéndose en un problema abordado desde diferentes perspectivas en trabajos de maestría.

Para (Vallejo, 2017), una estrategia didáctica que mejore la conceptualización de las reacciones químicas, consiste en profundizar en el establecimiento de las relaciones entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia, y concluye que la inclusión de actividades que relacionan lo macroscópico con lo microscópico, utilizando lenguaje y simbología química, y transversalizando con la experimentación, hace más significativo el proceso de enseñanza, pero se encontraron barreras con conceptos como átomo, molécula, elemento y compuesto, que deberían estar presentes previamente (Vallejo, 2017). Haciendo énfasis en lo anterior (Montaña Caro, 2018), propone un proyecto de aula, que articula el concepto de cambio químico con los niveles de representación por medio de una metodología basada en el aprendizaje por descubrimiento, y la aplicación de este proyecto permite concluir que la metodología utilizada relacionando los niveles de representación, modifica las ideas de los estudiantes permitiendo que comprendan mejor los fenómenos y se motiven encontrando importancia práctica a la construcción de conocimiento (Montaña Caro, 2018).

Adicionalmente (Michalisková et al., 2019), realizó un análisis histórico del tema mencionado anteriormente comparando el contenido de los libros de la segunda mitad del siglo XIX con libros del año del estudio, en el tema de reacciones químicas, y se concluye que aumentó paulatinamente lo complejo de la información, cambió la manera de presentar el tema a una más visual y además se plantea que independientemente del año del libro, algunos de ellos presentan afirmaciones erróneas, que pueden tergiversar la información que llega al estudiante (Michalisková et al., 2019). Lo anterior aporta a la justificación de la selección del tema de reacciones químicas como objeto de estudio en el presente trabajo, pues vienen siendo estudiadas de siglos atrás, y su presentación en los libros ha cambiado con el tiempo, generando cuestionamientos acerca de una adecuada estructura de los textos escolares utilizados actualmente para aprender el tema, generando una verdadera apropiación del concepto por parte de los estudiantes.

La propuesta de Johnstone, no es solo un punto de partida para investigar la enseñanza de la química por medio de la aplicación de los niveles de representación por su gran validez en las prácticas de enseñanza, (Cutrera & Stipcich, 2016), sino también a través de la caracterización que se puede hacer de los mismo, como propone (Contreras & González, 2014), en el que se analizan los contenidos de los planes de estudio desde primaria hasta secundaria, con el fin de determinar la variedad conceptual en los niveles de representación, llegando a la conclusión de que se incluye mayor proporción de conceptos macroscópicos en primaria y mayor cantidad de conceptos microscópicos en secundaria, ocasionando vacíos conceptuales en los estudiantes por la falta del uso simultáneo de los tres niveles.

La caracterización del triángulo de Johnstone, permite analizar si las deficiencias en el aprendizaje de la química pueden estar asociadas a interrelaciones inadecuadas de los vértices del triángulo, pues (Bensaude-Vincent, 2007), habla acerca de la estructura conceptual de la química, sostiene que, aunque es bien sabido que la propuesta de Johnston influencia la educación química desde hace tiempo por su gran acogida, amplio estudio y aplicabilidad, en ciertos casos, puede ser confusa la comprensión de estos niveles, implicando un uso inadecuado que desemboca en dificultad de interés y comprensión por parte de los estudiantes (Caamaño Ros, 2014).

Ahora bien, los textos escolares son materiales comunes, utilizados de manera recurrente como fuente en las prácticas de enseñanza y son instrumentos pedagógicos de fácil acceso (Bensaude-Vincent, 2007), además han estado presentes en el aprendizaje desempeñando diversos papeles, desde la perspectiva de distintos estudios, como en la tesis propuesta por (Gómez Mora, 2019), que son considerados herramientas que definen la intencionalidad de la clase y determinan los temas, estrategias y metodología para abordar un contenido y proponer de manera concreta la implementación de un programa o proyecto. También son considerados fundamentales en la elaboración y aplicación de los contenidos curriculares como plantean (Urbano Ordoñez & Rivas Ospina, 2017) y (Escobar Fombellida, 2020), adicional a esto, en ocasiones puede existir una falta de congruencia curricular entre los planes de estudio y los materiales destinados al proceso de enseñanza (Urbano Ordoñez & Rivas Ospina, 2017), ocasionando consecuencias negativas en dicho proceso, sobre todo, en la asignatura de química, que requiere de un lenguaje propio articulado a los niveles de representación como se sustentó al inicio.

En la Universidad de Cartagena (Tejada et al., 2015), se analizó la influencia de los textos escolares de química, en el proceso de enseñanza aprendizaje del concepto de valencia en estudiantes universitarios, evaluando conceptos previos en los estudiantes, para luego realizar una intervención con los libros seleccionados y analizados, encontrando como resultados que los textos contienen información limitada y la presentan de manera tradicional, ocasionando que los estudiantes perciban el concepto de manera incompleta.

Como complemento de lo anterior, para dar más relevancia al análisis de los textos escolares, que es el tercer aspecto que se abordará en la presente investigación, se resalta el trabajo de (Setyowati & Sutrisno, 2020), en el cual se analizan tres libros de texto de grado décimo utilizados en un plan de estudio en Indonesia en el 2013, específicamente en el tema de enlace químico, con el fin de evaluar el nivel cognitivo y el nivel de representación utilizado en los textos escolares, se concluye que los libros son un medio de aprendizaje muy utilizado, pero presentan falencias que repercuten en el aprendizaje de los estudiantes (Setyowati & Sutrisno, 2020). También se encuentra el artículo publicado por (Pun, 2019), donde se hace un análisis de las características lingüísticas que se encuentran presentes en textos escolares de química

usados en los grados 10, 11 y 12 en la ciudad de Hong Kong, por medio de la aplicación de la taxonomía textual de Veal y se llega a la conclusión que la mayoría de textos son explicativos y estos fomentan el aprendizaje del lenguaje científico si se encuentran de manera explícita las características del lenguaje propio de la ciencia.

Siguiendo con los referentes a nivel global, en la publicación propuesta por (Şendur et al., 2011), se plantea un análisis en Turquía acerca de las analogías, que representan un factor importante de la enseñanza, porque ayudan al estudiante a comprender mejor, temas que requieren de gran abstracción, como la mayoría de conceptos químicos, y los libros de texto son una fuente significativa de analogías, porque representan una herramienta central para el aprendizaje, convirtiendo el análisis de los textos escolares en un estudio fundamental para reconocer cómo se presentan los conceptos y los contenidos. También se encuentra el artículo de este mismo país, en el que (Demirdogen, 2013), examina las representaciones en cuatro textos escolares desde el grado 9° hasta el grado 12° de la secundaria Turca, teniendo en cuenta una serie de parámetros que llevaron al hallazgo de que las representaciones visuales aumentan con el grado escolar, y también a la determinación de que las representaciones en los textos escolares son en su mayoría del nivel macroscópico, el nivel simbólico y una mezcla de los dos, cumpliendo con el fin último de este tipo de caracterizaciones y de análisis que se realizan a los textos escolares de manera general o en temas específicos, que debe ser brindar sugerencias a los docentes y escritores de textos para fomentar un contenido que impacte positivamente los procesos de enseñanza aprendizaje.

Lo expuesto anteriormente resalta la importancia de los niveles de representación en la enseñanza de la química, para fomentar el aprendizaje de conceptos de difícil comprensión como lo son las reacciones, pero a su vez, muestra las dificultades que se presentan con estos tres niveles al momento de ser aplicados, analizados o caracterizados, y teniendo presente que los textos escolares son usados en el proceso de enseñanza como guía para abordar contenidos, e incluso como base para los planes de estudio, cobra importancia la caracterización de los vértices del triángulo de Johnstone en textos escolares usados comúnmente en la ciudad de Pereira, para dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué caracteriza a los niveles de representación de la química en los textos escolares usados para la enseñanza de reacciones químicas en el grado décimo en la ciudad de Pereira?

Marco referencial

Antecedentes

Para la presente investigación cualitativa con alcance descriptivo, fundamentada en el análisis documental, se realizó una búsqueda bibliográfica en Scopus y ScinceDirect, con varias ecuaciones de búsqueda que combinaban las palabras *chemical reactions, chemistry triplet OR level of representation of chemistry, school textbooks AND chemistry, characterization OR análisis*.

La búsqueda en Scopus no permitió encontrar una cantidad considerable de documentos, por lo tanto, no se realizó un análisis bibliométrico de la información obtenida, y se realizó una nueva búsqueda en Google académico, utilizando las mismas combinaciones de palabras en inglés y español, obteniendo un poco más de resultados como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Documentos encontrados con las ecuaciones de búsqueda que arrojaron resultados representativos

Ecuación de búsqueda	Resultados Scoopus	Resultados ScienceDirect	Resultados en Google académico
"Levels of representation of chemistry" AND "chemical reactions"	Sin resultados	Sin resultados	8 documentos
"chemical reactions" AND "chemistry triplet"	2 documentos	3 documentos	364 documentos
"chemistry triplet" AND " school textbooks " AND "chemical reactions"	Sin resultados	Sin resultados	45 documentos

Nota: elaboración propia.

De los documentos encontrados se seleccionaron los que fueron relevantes para los tres focos de estudio y se condensó la información recopilada en las tablas 2, 3 y 4

Con relación a los niveles de representación:

Tabla 2

Antecedentes sobre los niveles de representación

Título	Representaciones en el Aprendizaje de la Química y Estilo Cognitivo.	Caracterización de las representaciones elaboradas por estudiantes del programa de licenciatura en química sobre las propiedades de la materia	El triplete químico: Estado de situación de una idea central en la enseñanza de la Química	La selección de contenidos conceptuales en los programas de estudio de Química y Ciencias Naturales chilenos: análisis de los niveles macroscópico, microscópico y simbólico	Percepciones de maestros y estudiantes sobre el uso del triplete químico en los procesos de enseñanza-aprendizaje
Tema	Representaciones en el aprendizaje de la química y el estilo cognitivo	Representaciones de la química utilizadas por estudiantes de licenciatura	Los niveles de representación como idea central en la enseñanza de la química	Niveles de representación en los programas de estudio	Apreciaciones de los estudiantes y docentes sobre los niveles de representación
Tipo de documento	Tesis de maestría en educación	Tesis de licenciatura	Artículo	Artículo	Artículo
Objetivo principal	Estudiar el efecto de la aplicación de las estrategias de múltiples representaciones del átomo y las moléculas en estudiantes con diferente estilo cognitivo de grado sexto	Realizar seguimiento del uso articulado de los niveles de representación en docentes en formación, acerca de la estructura de la materia	Analizar discusiones realizadas de la teoría de Johnston sobre el triplete químico	Analizar los planes de estudio de ciencias naturales y química en relación a la presentación de conceptos del tema “la materia” en primaria y secundaria para determinar la variedad conceptual en los niveles de representación	Indagar sobre cómo perciben “el triplete” los estudiantes y los docentes en el proceso de enseñanza aprendizaje.
Metodología	Aplicación de pre y post test para determinar el estilo cognitivo de los estudiantes y su relación	Elaboración de secuencia didáctica, implementación de la	Análisis documental	Recolección de información de los libros oficiales de los programas de interés y su posterior análisis cuantitativo y	Investigación cualitativa de orden fenomenológico.

	con los niveles de representación, interviniendo un grupo con un diseño cuasi-experimental y dejando otro grupo como control	misma y sistematización de la información		cualitativo de los conceptos presentes en las unidades relacionadas con el tema seleccionado	
Conclusión	La estrategia utilizada, afecta positivamente la representación de átomos y moléculas por parte de los estudiantes y según su estilo cognitivo acceden más fácilmente a una determinada combinación de niveles	Los estudiantes de la licenciatura presentan más representaciones mentales que científicas y no interrelacionan los niveles de representación, sino que eligen el que consideran más apropiado al momento de explicar un fenómeno	El triángulo de Johnston, es un medio ampliamente utilizado y con gran validez en las prácticas de enseñanza	La mayor parte de conceptos utilizados son macroscópicos para primaria y microscópicos para la finalización de esta etapa escolar y el inicio de la secundaria, lo cual conlleva a afirmar que no hay un uso simultáneo de los niveles de representación y este repercute en el aprendizaje de los estudiantes generando vacíos conceptuales	Los estudiantes presentan dificultades para el manejo del lenguaje químico y los docentes tienen falencias para contextualizar los fenómenos a partir de los niveles de representación

Nota: elaboración propia.

Con relación a las reacciones químicas:

Tabla 3

Antecedentes sobre las reacciones químicas, su pertinencia en los textos escolares y la importancia de relacionar en ellas los niveles de representación

Título	Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de “reacción química”	Diseño de una propuesta de enseñanza del concepto, reacción química, que permita la relación de los 3 niveles de representación propuestos por Johnstone en estudiantes de octavo grado	Concept of chemical reaction in chemistry textbooks.	Articulación de los tres niveles representacionales de la enseñanza de la química en el concepto de cambio de la materia en básica secundaria
Tipo de documento	Tesis de maestría	Tesis de licenciatura	Artículo	Tesis de maestría
¿Qué busca?	Desarrollar una propuesta didáctica que mejore la conceptualización de las reacciones químicas	Fortalecer el aprendizaje de las reacciones química y fomentar el interés por la asignatura	Realizar un análisis histórico en el tema de reacciones químicas	Articular el concepto de cambio químico con los niveles de representación en un proyecto de aula que fomente el aprendizaje
Metodología	Diseño de la propuesta didáctica, aplicación y evaluación.	Revisión de análisis documental para la construcción de una unidad didáctica y su posterior aplicación en el grupo de estudio	Comparación del contenido de los libros de la segunda mitad del siglo XIX con libros del año del estudio	Desarrollo e implementación del proyecto basado en la metodología de aprendizaje por descubrimiento
Conclusión	La inclusión de actividades que relacionan lo macroscópico con lo microscópico, utilizando lenguaje y simbología	La aplicación de la teoría de Jhonstone de los niveles de representación para la enseñanza de la química, estimula al estudiante para superar dificultades de	En la historia aumentó paulatinamente lo complejo de la información, cambió la manera de presentar el tema a una más visual y además se	La metodología aplicada, permitió que las competencias de las ciencias, sobre todo las asociadas al trabajo

	química, y transversalizando con la experimentación, hace más significativo el proceso de enseñanza.	descontextualización y desinterés por la asignatura mejorando su comprensión en todos los niveles.	plantea que independientemente del año del libro, algunos de ellos presentan afirmaciones erróneas, que pueden tergiversar la información que llega al estudiante	experimental, presentaran un progreso significativo.
--	--	--	---	--

Nota: elaboración propia.

Con relación al análisis de textos

Tabla 4

Antecedentes sobre el análisis de textos escolares y su relación con temas químicos

Título	El rol de los textos escolares en el desarrollo del currículo nacional en asignaturas del séptimo nivel de educación general básica realizado en la Unidad Educativa Fiscal César Arroyo Naranjo	Diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico “transformaciones físicas de las sustancias”	Influencia de los Textos de Química en la Enseñanza y Aprendizaje del Concepto de Valencia	An analysis of representation level and cognitive level in curriculum-2013 chemistry textbook	Salient language features in explanation texts that students encounter in secondary school chemistry textbooks	Examination of chemical representations in turkish high school chemistry textbooks
Tipo de documento	Tesis de licenciatura	Tesis de maestría	Artículo	Artículo	Artículo	Artículo
Objetivo principal	Determina el papel de los libros escolares en la elaboración y aplicación de los	Diseñar un material de enseñanza con coherencia curricular utilizando las teorías	Identificar como influyen los textos escolares en la conceptualización de	Evaluar el nivel cognitivo y el nivel de representación utilizado en los textos	Analizar las características lingüísticas que se encuentran presentes en textos	Examinar los niveles de representación que se encuentran en los libros de texto de

	contenidos curriculares nacionales para el séptimo nivel educativo	de la enseñanza por comprensión.	la química en el tema de valencia.	escolares en el tema de enlace químico.	escolares de química usados en los grados 10, 11 y 12 en la ciudad de Hong Kong	esta asignatura en Turquía
Metodología	Revisión bibliográfica, análisis documental cualitativo	Análisis documental para recopilación de teorías educativas, elaboración del material, implementación del mismo y evaluación.	Evaluación de conceptos previos de los estudiantes, análisis del concepto de valencia en los libros de texto y evaluación de la influencia de los textos por medio de test.	Investigación descriptiva cualitativa.	Aplicación de la taxonomía textual de Veal	Selección de los libros de texto, evaluación de las representaciones por medio de rúbricas, análisis de la información recopilada.
Conclusión	Los libros son importantes en el desarrollo del currículo y para el docente representan un recurso fundamental	Las teorías utilizadas son útiles en la construcción de materiales de enseñanza pues fomentan la conceptualización del tema seleccionado.	Los textos contienen información limitada y la presentan de manera tradicional, ocasionando que los estudiantes perciban el concepto de manera incompleta	Los libros son un medio de aprendizaje muy utilizado, pero presentan falencias que repercuten en el aprendizaje de los estudiantes.	La mayoría de textos son explicativos y estos fomentan el aprendizaje del lenguaje científico si se encuentran de manera explícita las características del lenguaje propio de la ciencia	Las representaciones visuales aumentan con el grado escolar, y en su mayoría son del nivel macroscópico, el nivel simbólico y una mezcla de los dos.

Nota: elaboración propia.

De los documentos encontrados cabe resaltar la tesis de maestría “Representaciones en el Aprendizaje de la Química y Estilo Cognitivo” (Prieto Lamprea, 2019), la tesis de licenciatura “Caracterización de las representaciones elaboradas por estudiantes del programa de licenciatura en química sobre las propiedades de la materia” (Gómez Mora, 2019) , los artículos “el triplete químico: Estado de situación de una idea central en la enseñanza de la Química” (Cutrera & Stipich, 2016), “La selección de contenidos conceptuales en los programas de estudio de Química y Ciencias Naturales chilenos: análisis de los niveles macroscópico, microscópico y simbólico” (Contreras & González, 2014) y “Percepciones de maestros y estudiantes sobre el uso del triplete químico en los procesos de enseñanza-aprendizaje” (Lorduy & Naranjo, 2020), puesto que estos documentos con metodología cualitativa, descriptiva y de análisis documental, hacen aportes significativos al problema de investigación porque ubican los niveles de representación dentro de la didáctica de la química como una herramienta que afecta positivamente los procesos de enseñanza y aprendizaje cuando se tiene una intencionalidad clara con su uso, sin embargo evidencian falencias por parte de los docentes y los estudiantes para el manejo del lenguaje propio de la química y las transiciones entre los niveles de representación, justificando la caracterización de cada uno de los vértices del triángulo de Johnstone.

Por otro lado, en cuanto al análisis de los textos escolares, la tesis de maestría “Diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico -transformaciones físicas de las sustancias-” (Urbano Ordoñez & Rivas Ospina, 2017), la tesis de licenciatura “El rol de los textos escolares en el desarrollo del currículo nacional en asignaturas del séptimo nivel de educación general básica realizado en la Unidad Educativa Fiscal César Arroyo Naranjo” (Escobar Fombellida, 2020), y los artículos “Influencia de los Textos de Química en la Enseñanza y Aprendizaje del Concepto de Valencia” (Tejada et al., 2015), “An analysis of representation level and cognitive level in curriculum-2013 chemistry textbook”(Şendur et al., 2011), “Salient language features in explanation texts that students encounter in secondary school chemistry textbooks” (Pun, 2019) y “Examination of chemical representations in turkish high school chemistry textbooks” (Demirdogen, 2013), aportan a la investigación porque si bien, exaltan la importancia de los textos escolares en el contexto educativo, como materiales de enseñanza, medios de aprendizaje y guías para la construcción

de currículo, también señalan las dificultades en el contenido limitado de los textos, la manera tradicional de presentar la información y las representaciones visuales que son únicamente de naturaleza macroscópica y simbólica.

Desde las reacciones químicas cobra relevancia la tesis de licenciatura “Diseño de una propuesta de enseñanza del concepto, reacción química, que permita la relación de los 3 niveles de representación propuestos por Johnstone en estudiantes de octavo grado” (Campaz Viveros & López Torres, 2021), en la que se concluye que la aplicación de la teoría de Jhonston para la enseñanza de la química, estimula al estudiante para superar dificultades de descontextualización y desinterés por la asignatura mejorando su comprensión en todos los niveles. Además, en el artículo “Concept of chemical reaction in chemistry textbooks” (Michalisková et al., 2019), se evidencia que en la historia aumentó paulatinamente lo complejo de la información que se incluía en los textos de química, cambió la manera de presentar el tema a una más visual y además se plantea que independientemente del año del libro, algunos de los libros presentan afirmaciones erróneas, que pueden tergiversar la información que llega al estudiante, sugiriendo la importancia de analizar los textos que se llevan a las aulas, en el caso de esta investigación el análisis documental, se hará por medio de la caracterización de los niveles de representación para el tema de reacciones químicas, que cuando se trabaja articulando los vértices del triángulo de Johnstone, aporta resultados significativos al aprendizaje de este tema, como se pudo concluir en la tesis de maestría “Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de reacción química” (Vallejo, 2017), en la que se logra evidenciar que la inclusión de actividades que relacionan lo macroscópico con lo microscópico, utilizando lenguaje y simbología química, y transversalizando con la experimentación, hace más significativo el proceso de enseñanza de la temática abordada.

Los antecedentes aportan a la construcción de la investigación porque justifican la importancia de continuar las investigaciones en cuanto a los niveles de representación, ya que, están posicionados dentro de la didáctica como una herramienta que requiere ser

aplicada de manera consciente e intencionada para que pueda enriquecer los procesos en el aula de clase, por otro lado, el análisis de textos escolares fomenta los procesos reflexivos de los docentes, dado que, en los documentos encontrados se evidencia la importancia de los textos en la construcción del currículo, su uso como fuente recurrente de consulta, que puede limitar la comunicación de un concepto por la manera tradicional de presentar la información, lo cual impacta negativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje. Además, la búsqueda bibliográfica, resalta el tema de reacciones químicas, como un concepto que requiere de atención por las representaciones que se utilizan en el aula para su enseñanza, enfocadas en el uso de ecuaciones químicas sin una articulación con otro tipo de representaciones. No obstante, las investigaciones encontradas no aportan características de los niveles de representación específicamente en textos escolares en el tema de reacciones químicas y no hay una guía que oriente la selección de textos basada en los niveles de representación.

Marco conceptual

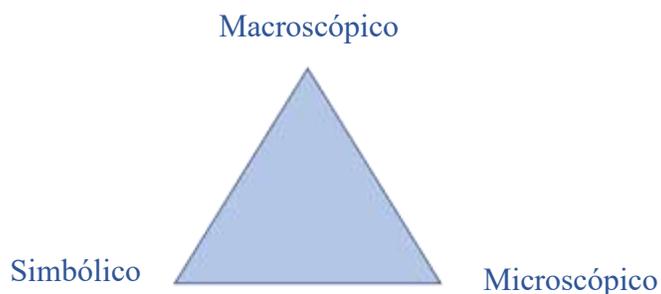
Los niveles de representación en el tema de reacciones químicas en los textos escolares

Los niveles de representación de la química, también llamados “tripleto químico” (Cutrera & Stipcich, 2016), o “el triángulo de Johnstone,” (Caamaño, 2001), consiste en tres factores que se interrelacionan entre sí para facilitar la comprensión de la química, teniendo en cuenta que a los estudiantes se les dificulta comprender conceptos, fórmulas químicas y matemáticas y relacionar lo anterior con lo que pueden percibir con los sentidos y lo que han aprendido de forma empírica (Ordaz González & Mostue, 2018).

Estos factores, a los que Johnstone llama niveles, son: nivel macroscópico, nivel microscópico y nivel simbólico y se encuentran unificados en un triángulo, donde cada vértice corresponde a un nivel (Santos & Arroio, 2016), como se muestra en la siguiente figura:

Figura 1

Niveles de representación de la química

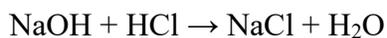


Nota: Los niveles de representación de la química fueron propuestos por (Johnstone 1993, pag 703).

El nivel macroscópico, corresponde a un nivel sensorial, (Caamaño, 2001), pues hace referencia a la química que puede ser captada por medio de los sentidos, que puede ser observada por los estudiantes en su diario vivir y se aprende a través de la experiencia (Santos & Arroio, 2016). Como ejemplo, en una titulación ácido base, de HCl con NaOH en presencia de fenolftaleína se observa el cambio de color momentáneo cuando van cayendo las gotas de NaOH y un cambio permanente después de cierta cantidad de hidróxido.

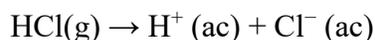
El nivel microscópico, es un nivel abstracto, a través del cual se explica de manera atómica, iónica y molecular, lo que se percibe en el nivel macro (Santos & Arroio, 2016). Continuando con el ejemplo anterior, para este nivel, lo ocurrido en la titulación ácido base, no corresponde únicamente a un cambio de color, sino a una reacción química de neutralización, en la cual se recombinan los átomos de las sustancias participantes en la reacción y dan como resultado nuevas moléculas, correspondientes a sustancias distintas.

El nivel simbólico, hace referencia a los modelos, ecuaciones y fórmulas que se utilizan para representar los otros dos niveles (Santos & Arroio, 2016). Para el caso que se planteó desde el inicio, desde este nivel, se representa la ecuación química que describe el cambio ocurrido.

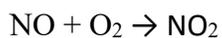


Los niveles de representación en conjunto son una herramienta útil y necesaria para la comprensión de la química, sin embargo, la manera en que se aplican y se transmiten pueden representar una limitante para alcanzar a comprender el lenguaje científico necesario para aprender química (Caamaño, 2001), principalmente un tema complejo como lo son **las reacciones químicas**, que requiere de gran capacidad de abstracción, pues estas, son un proceso en el que ocurre una transformación de la materia, que puede ser evidenciada desde el nivel macroscópico por medio de alguna alteración física, cambio de color, aumento o disminución de temperatura, cambio de pH, formación de un sólido, desprendimiento de gas, entre otras, pero para garantizar la ocurrencia de la reacción, se debe realizar un análisis químico, que confirme que sustancias se encuentran presentes, o que las determine, si previamente no se pudo evidenciar en la reacción ningún cambio evidente, (Ralph H. Petrucci et al., 2011) y es aquí donde se requiere un manejo adecuado de los otros dos niveles.

Un gran porcentaje de las reacciones químicas ocurren en medio acuoso (Chang & García Martín, 2006), pero independientemente del medio, ocurre una conversión de las sustancias de partida llamadas reactivos, en nuevas sustancias llamadas productos. Se representan de manera simbólica, por medio de ecuaciones químicas, que utilizan las fórmulas químicas de cada compuesto, en el lado izquierdo, se escriben los reactivos y en el lado derecho los productos, y ambos lados se encuentran separados por una flecha que indica el sentido en el que va la reacción (Petrucci et al., 2011), esta flecha puede ser doble, indicando que la reacción es reversible, es decir, que puede ir en sentido contrario (Chang & García Martín, 2006).



En la reacción anterior, se puede identificar el HCl como reactivo, que se descompone en los productos H^+ y Cl^-



En esta nueva reacción, en el lado de los reactivos hay un nitrógeno y tres oxígenos, en cambio en el lado de los productos, hay un nitrógeno y dos oxígenos, lo cual representa una alteración de la ley de la conservación de la materia propuesta por Lavoisier y Lomonósov, para ajustar este inconveniente, se recurre a balancear la ecuación anteponiendo a la fórmula química de uno o varios compuestos un número que permita equilibrar ambos lados de la ecuación, a este número, se le conoce como coeficiente estequiométrico, y a la ecuación resultante se le llama, ecuación ajustada.



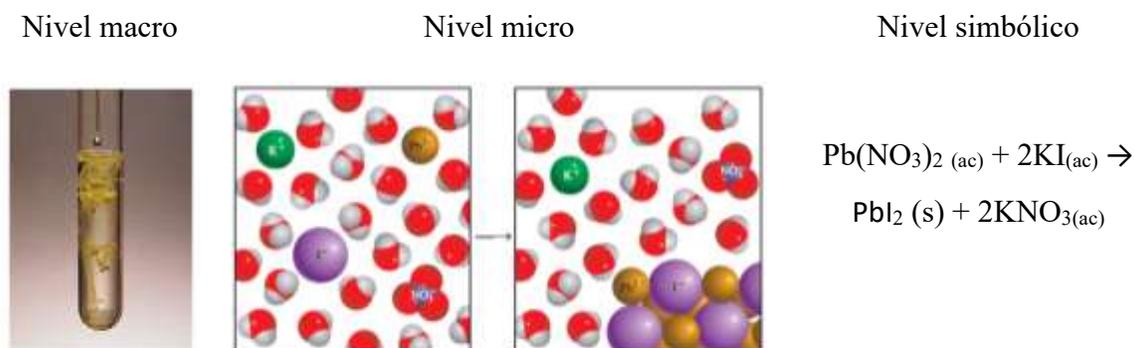
Ajustar las reacciones, permite conocer la cantidad de reactivos necesarios para la formación de cierta cantidad de producto, y es importante que se tenga siempre presente que la única manera de ajustar una reacción es variando los coeficientes estequiométricos (Petrucci et al., 2011).

Desde el nivel macroscópico, las reacciones químicas se evidencian por cambios físicos que se perciben por observación directa, desde el nivel microscópico, se comprende que las reacciones son una recombinación de átomos que permiten la formación de moléculas diferentes a las iniciales y desde el nivel simbólico, se representa por medio de una ecuación, la reacción química.

A continuación, se presenta un ejemplo de una reacción química de precipitación muy común, que consiste en adicionar nitrato de plomo a una solución acosa de yoduro de potasio, ocasionando la formación de un precipitado amarillo que corresponde al yoduro de plomo (Chang & García, 2006).

Figura 2

Reacciones químicas desde los tres niveles de representación



Nota: Imágenes y reacción tomadas de (Chang & García 2006).

El tema de interés se encuentra generalmente en los textos de química de grado 10, y se cree que en su mayoría utilizan representaciones simbólicas para expresar las reacciones, de allí la importancia de que los documentos trabajados en clase permitan la comprensión de la química por medio de la relación correcta entre los niveles de representación.

Los textos escolares son como una herramienta, guía o un manual, pero deben entenderse como documentos que tienen por objeto, servir al proceso de enseñanza y aprendizaje, pues suelen confundirse únicamente con los libros de texto, (Escobar Fombellida, 2020), que, si bien en su mayoría son una columna base de la labor docente (Jimenez & Perales, 2022), y hacen parte de los textos escolares, no son el único material, pues los textos escolares se clasifican por (Escobar Fombellida, 2020), en cuatro categorías:

Manuales: se utilizan para la enseñanza y se consideran una guía, por lo tanto, están incluidos dentro de los planes de estudio, traen instrucciones de cómo el docente debe impartir la clase o como los estudiantes deben seguir la secuencia de aprendizaje.

Ediciones clásicas: se utilizan para seguir una lectura con gran organización, sobre las obras clásicas o culturales.

Obras de referencia: se utilizan para realizar consultas rápidas, que den un reporte con gran precisión y de manera instantánea, como en un diccionario, un atlas, etc.

Obras para escolares: se utilizan para reforzar contenidos.

Para el caso concreto de la presente investigación, es relevante resaltar que los esquemas en los textos buscan integrar los distintos niveles de representación, pero puede ser complejo y difícil interpretar y comprender el dibujo esquemático, porque aumenta el nivel de abstracción, pero al mismo tiempo proporcionan una idea de determinada situación (Raviolo, 2013).

En el aprendizaje de la química, de manera recurrente se plantea una única representación, que, en el caso de las reacciones, sería la ecuación química, y para los estudiantes esto genera complicaciones a la hora de comprender el concepto, por esta razón es de suma importancia que los textos escolares utilizados como guía de enseñanza, representen de diferentes formas el conocimiento para superar lo abstracto y poder relacionarlo con lo que ocurre a nivel macroscópico y expresarlo de manera simbólica (Raviolo, 2016).

Marco normativo

Los niveles de representación apuntan al cumplimiento de los artículos 5 y 22 de la Ley General de educación o Ley 115 de 1994, los cuales establecen el avance y adquisición del conocimiento científico como base en la educación secundaria, en el artículo 5° se encuentran los fines de la educación, entre ellos cabe mencionar el fin 5, que se trata de que los estudiantes apropien hábitos intelectuales para el desarrollo del saber, desde la generación de conocimiento científico y técnico, además en el artículo 22 de esta misma Ley, se establecen los objetivos específicos de la educación en el ciclo de secundaria, uno de ellos, es *“El avance en el conocimiento científico de los fenómenos físicos, químicos y biológicos, mediante la comprensión de las leyes, el planteamiento de problemas y la observación experimental”*. Para lograr cumplir con lo establecido en los artículos anteriores, es de vital importancia aplicar estrategias que garanticen en los jóvenes la comprensión del lenguaje químico, y como se puede evidenciar en los antecedentes, la implementación del triángulo

de Johnstone es una buena alternativa, que debe estar presente en la práctica y en la planeación que se fundamenta en los textos escolares, los cuales se encuentran reglamentados como se sustenta a continuación.

La Ley No. 98 de diciembre 22 de 1993, dicta las normas sobre democratización y fomento del libro colombiano, la cual busca que se amplié el uso de los libros para difusión de la cultura, transmisión de conocimiento, fomento de la investigación y conservación del patrimonio nacional, por otro lado, en el decreto 0579 de Marzo 16 de 1965, actualizado: 18 de diciembre de 2015 *“Por el cual se crean la Comisión de Textos y Materiales Escolares y el Fondo Rotatorio Nacional del Texto Escolar Gratuito”* y la ley número 24 de 1987, *“por la cual se establecen normas para la adopción de textos escolares y se dictan otras disposiciones para su evaluación”* se encuentra establecida la inscripción de cualquier texto a material escolar ante la comisión para poder ser adoptado por una institución educativa y cada texto debe ser evaluado por el Ministerio de Educación Nacional.

Los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) (Ministerio de Educación Nacional, 2016) se encuentran establecidos en el capítulo 6 del decreto 501 en el cual se reglamenta el Mejoramiento de la Calidad de la Educación Básica y Media, de acuerdo con los artículos 57 y 60 de la Ley 1753 de 2015, estos son una herramienta formulada por el Ministerio de Educación Nacional dirigida a toda la comunidad educativa para identificar los saberes básicos que han de aprender los estudiantes en cada uno de los grados de la educación preescolar, básica y media, con el fin de fortalecer las prácticas escolares y mejorar los aprendizajes.

Los DBA son un apoyo para el desarrollo de propuestas curriculares que pueden ser articuladas con los enfoques, metodologías, estrategias y contextos definidos en cada establecimiento educativo, en el marco de los Proyectos Educativos Institucionales. El tema de reacciones químicas se incluye en los DBA desde el grado octavo, pero se aplica con mayor profundidad en el grado décimo.

Marco contextual

La presente investigación se centra en la caracterización de los niveles de representación de la química en el tema de reacciones químicas en los textos escolares. A continuación, se pondrá en contexto cada uno de los componentes a trabajar, para hacer claridad frente a sus circunstancias en esta propuesta.

En la enseñanza de la química en diferentes niveles, se ha evidenciado una problemática para comprender esta asignatura (Caamaño, 2001), pues se requiere de un lenguaje científico para entender y explicar el entorno desde este saber (Prieto Lamprea, 2019), por lo tanto se vienen desarrollando propuestas pedagógicas que mejoren el aprendizaje de los temas de esta asignatura, como el uso de secuencias de enseñanza aprendizaje (Morales & Salgado, 2017), la enseñanza a través de contenidos contextualizados (Parga Lozano & Piñeros-Carranza, 2018), la aplicación de proyectos de aula (Campaz Viveros & López Torres, 2021), todas con el propósito de que los conceptos sean apropiados por los estudiantes y desarrollen o fomenten en ellos el aprendizaje significativo.

Cada una de las propuestas anteriores, convergen en los niveles de representación de Johnstone, que hacen referencia a una parte macro, que se capta por percepción sensorial, otra parte micro, que requiere de abstracción y como último componente se necesitan símbolos, que representen de manera simplificada lo que se percibe con lo macro y se describe con lo micro (Santos & Arroio, 2016).

Por lo anterior, la representación se abordada como eje central de la investigación, pues a nivel local y global, como se justificó en los antecedentes, se evidencia la necesidad de implementar de manera adecuada los niveles de representación para fomentar en los estudiantes un lenguaje científico construido desde sus ideas previas para que conceptualicen la química (Prieto Lamprea, 2019), en este caso particular, el tema de reacciones.

Las reacciones, son un tema fundamental en química (Caamaño Ros, 2014), y hace parte de los derechos básicos de aprendizaje para la educación media (Ministerio de Educación Nacional, 2016). Con frecuencia esta temática se aborda únicamente desde las ecuaciones químicas, y estas requieren de una conceptualización previa y de manejo del lenguaje

científico y abstracto para poder ser comprendidas (Raviolo, 2016), representando un tema de interés para ser objeto de estudio, precisamente en la media académica que incluye los grados 10 y 11, porque aunque los DBA y los estándares básicos de competencias incluyen las reacciones químicas en el grado octavo, es en grado 10 dónde se estudia esta temática con mayor profundidad y generalmente con un lenguaje más técnico que se inclina al nivel simbólico, representando un obstáculo para su aprendizaje.

Los textos escolares serán dónde se analicen los niveles de representación, puesto que, encarnan una herramienta didáctica clave por su amplio uso en la construcción de los planes de estudio y guías académicas (Escobar Fombellida, 2020). Estos pueden presentar la información por medio de diagramas estáticos, que no son suficientes para integrar los tres niveles de representación (Raviolo, 2016), pueden presentar información limitada de manera tradicional transmitiendo conceptos incompletos (Urbano Ordoñez & Rivas Ospina, 2017). Sin embargo (Escobar 2020), sostiene que los textos escolares deben tener una estructura que le permita al lector crear una relación clara entre los conocimientos ya adquiridos por la experiencia y los conocimientos que se van a construir, pues esto influencia directamente en la lectura del texto (Escobar Fombellida, 2020), y como lleva al lector a comprender e interiorizar lo leído.

Objetivos

General:

Caracterizar los niveles de representación en el tema de reacciones químicas en textos escolares de esta asignatura, utilizados en grado décimo en la ciudad de Pereira

Específicos:

1. Identificar los niveles de representación más frecuentes utilizados en la enseñanza de reacciones químicas en textos escolares de grado décimo.

2. Caracterizar los obstáculos de las representaciones utilizadas para la enseñanza de las reacciones químicas.
3. Proponer posibles criterios de análisis de los niveles de representación para el tema reacciones químicas como instrumento de selección de textos para la enseñanza de la química.

Metodología

El objetivo general de la investigación hace referencia a la caracterización de los niveles de representación en el tema de reacciones químicas en textos escolares de esta asignatura, para responder a este propósito la investigación se enmarca en una perspectiva cualitativa con alcance descriptivo fundamentada en el análisis documental.

La investigación cualitativa busca darle sentido y significado a los fenómenos que estudia desde un aspecto social (Goetz & Lecompte, 1988), que en este caso se ubica en el campo de la enseñanza y en los niveles de representación inmersos en los textos escolares utilizados por los docentes en las instituciones educativas del municipio de Pereira.

El carácter descriptivo de la investigación surge de la pretensión de encontrar como son las representaciones, los obstáculos y alcances que tienen las mismas (Sandin Esteban, 2003).

El análisis documental hace posible la producción de documentos secundarios que permiten el control y un mejor conocimiento de los documentos analizados (Sánchez Díaz & Vega Valdés, 2003), también es considerado por autores como (Pinto Molina, 1989; María et al., 2004), como un conjunto de acciones encaminadas a realizar una descripción unificada de documentos que permite la clasificación, y recuperación de información, lo cual indica, que es la técnica adecuada, que enmarca el presente trabajo porque permite caracterizar los niveles de representación en el tema de reacciones químicas en textos escolares de esta asignatura.

A continuación, se abordará la metodología para cada uno de los objetivos específicos planteados:

1. *Identificar los niveles de representación utilizados en la enseñanza de reacciones químicas en textos escolares que utilizan los docentes de la media académica, para ubicar el objeto de análisis de la investigación.*

Para el cumplimiento de este objetivo se implementaron dos fases:

Fase 1. Elaboración y aplicación de una prueba que permitió, de un lado, identificar los textos escolares que se utilizan como apoyo para la enseñanza de la química, y de otro lado conocer la relevancia de los niveles de representación como criterio para la selección de los documentos que implementan los docentes en los espacios de enseñanza y aprendizaje.

Para la aplicación de la prueba se envió un formulario de Google a las instituciones educativas oficiales del municipio de Pereira y se recibieron 15 respuestas, equivalentes al 20% de las instituciones de carácter oficial en este municipio.

Con los resultados obtenidos se realizó una tabla de frecuencias que permitió determinar los textos escolares que se utilizan en la ciudad de Pereira para la enseñanza del tema de reacciones químicas y a la vez definir la relevancia de los niveles de representación como criterio para la selección de estos.

Fase 2. Identificación de los niveles de representación presentes en la unidad de reacciones químicas de 6 de los textos escolares identificados en la Fase 1, por medio de la adaptación de la propuesta de (Gómez Mora, 2019; Caamaño Ros, 2014; Valladares et al., 2001), la cual se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5*Elementos representacionales para cada nivel de representación de la química*

Nivel	Lenguaje utilizado	Características del lenguaje	Posibles obstáculos
Macroscópico	Gráfico	Disciplinar	
		Disciplinar - cotidiano	
		Cotidiano - disciplinar	
		Cotidiano	
	Escrito	Disciplinar	
		Disciplinar - cotidiano	
		Cotidiano - disciplinar	
		Cotidiano	
Microscópico	Gráfico	Disciplinar	
		Disciplinar - cotidiano	
		Cotidiano - disciplinar	
		Cotidiano	
	Escrito	Disciplinar	
		Disciplinar - cotidiano	
		Cotidiano - disciplinar	
		Cotidiano	
Simbólico	Gráfico	Disciplinar	
		Disciplinar - cotidiano	
		Cotidiano - disciplinar	
		Cotidiano	
	Escrito	Disciplinar	
		Disciplinar - cotidiano	
		Cotidiano - disciplinar	
		Cotidiano	

Nota: tomado y adaptado de Gómez Mora (2019), Caamaño (2014) y (Valladares et al., 2001).

La rúbrica anterior, por un lado, hace referencia a la característica del lenguaje disciplinar, cuando la terminología utilizada es propia de la química, busca la máxima precisión y rigurosidad en la expresión de ideas, incluye un vocabulario técnico específico para esta ciencia y está dirigido a un público que tiene un conocimiento técnico del tema, de otro lado, la característica del lenguaje cotidiano aborda términos más flexibles que pueden ser comprendidos por la mayoría de personas, se adapta a contextos de la vida diaria y está dirigido a personas con conocimientos diversos.

La característica del lenguaje disciplinar – cotidiano, se refiere a expresiones correspondientes principalmente a una característica disciplinar, pero en algunos casos puede incluir algún término cotidiano.

La característica del lenguaje cotidiano – disciplinar, se refiere a expresiones correspondientes principalmente a una característica cotidiana, pero en algunos casos puede incluir algún término disciplinar.

- 2. Caracterizar los obstáculos de las representaciones utilizadas para la enseñanza de las reacciones químicas, para dar a conocer las dificultades que presentan los textos escolares en el uso de los niveles de representación para el tema de reacciones químicas, por medio del análisis de los resultados obtenidos.*

Se realizó una discusión crítica de los niveles de representación teniendo como base elementos teóricos sobre las representaciones, relación con el texto, rasgos léxico-gramaticales, aspectos conceptuales, gráficos y lingüísticos, que aportaran a identificar los aciertos e inconsistencias en las representaciones.

- 3. Proponer posibles criterios de análisis de los niveles de representación para el tema reacciones químicas con el fin de establecer los lineamientos con los que se van a analizar las representaciones de las reacciones químicas en los textos escolares.*

Las actividades propuestas para alcanzar el objetivo se implementaron en 3 fases:

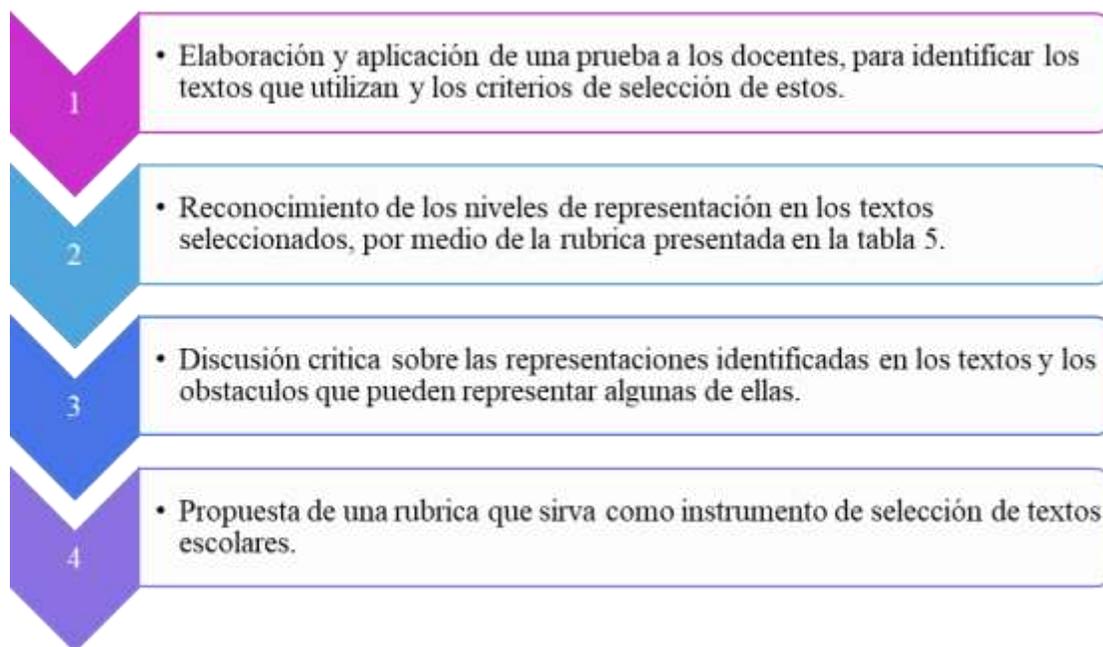
Fase 1. Construcción de una rúbrica para caracterizar y evaluar los niveles de representación.

Fase 2. Validación de la rúbrica.

Fase 3. Aplicación.

Figura 3

Fases metodológicas de la investigación



Nota: Elaboración propia.

Resultados

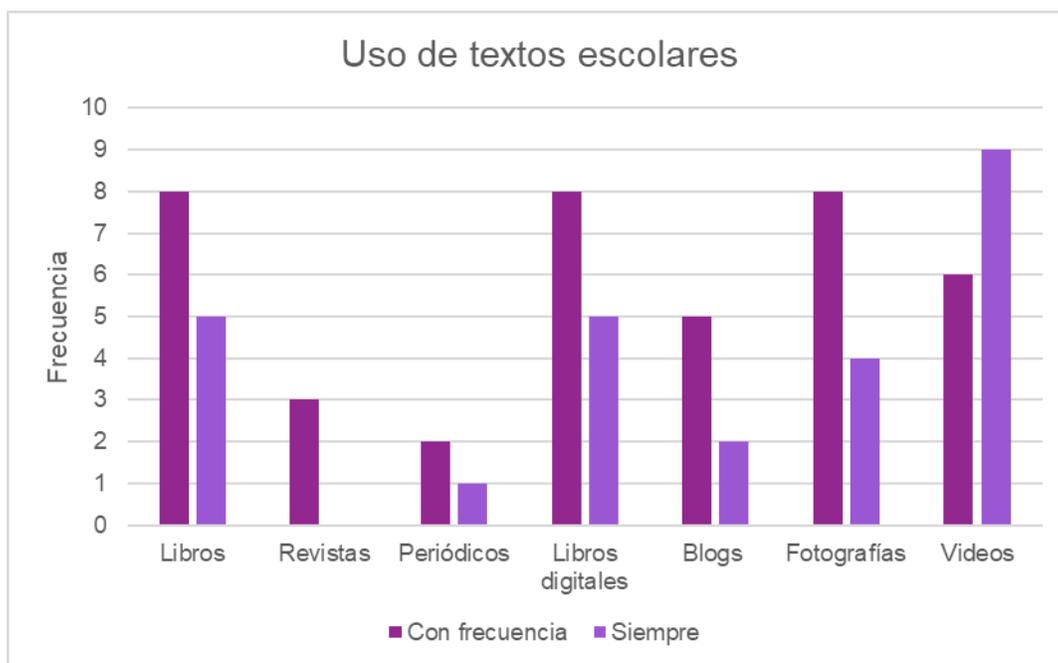
Cómo resultados se presenta una síntesis de las respuestas de la prueba (anexo 2) aplicada a los docentes, además se incluyen los niveles de representación identificados en los textos, el lenguaje correspondiente a cada nivel y los posibles obstáculos.

Textos escolares utilizados por los docentes del municipio de Pereira para la enseñanza del tema de reacciones químicas y criterios para su selección

Los textos escolares utilizados con mayor frecuencia por los docentes de Pereira se presentan en la figura 4:

Figura 4

Frecuencia de uso de los textos escolares de química utilizados por los docentes de Pereira en grado décimo.



Nota: elaboración propia.

La cual, permite afirmar que los textos con mayor acogida, además de los videos, son los libros, tanto físicos como digitales, entre los cuales se resaltan los libros que aparecen en la tabla 6 y que fueron seleccionados para identificar los niveles de representación en el tema antes mencionado.

Tabla 6

Textos de química seleccionados para la identificación de los niveles de representación

Textos	Frecuencia
Texto 1: Hipertexto 1 Química	10
Texto 2: Química	4
Texto 3: Hola química	3
Texto 4: Exploremos la química	2
Texto 5: Química 1 + competencias + aprendizaje + vida	2
Texto 6: Material educativo de Colombia aprende	2

Nota: elaboración propia.

Las principales razones de que los docentes utilicen estos textos escolares en la asignatura de química son: por la costumbre de haber trabajado con el mismo texto en años anteriores y haber analizado diferentes textos de varias editoriales, teniendo en cuenta criterios relacionados con el lenguaje, la metodología, la estructura de la información y los gráficos.

Figura 5

Criterios de selección que tienen en cuenta los docentes de Pereira para seleccionar un texto escolar



Nota: elaboración propia.

Ellos afirman que los criterios más importantes para considerar un texto escolar están relacionados con el contenido y son:

- Que el texto proponga actividades con diferentes niveles de dificultad.
- Que los contenidos estén bien estructurados y secuenciados
- Que los contenidos estén actualizados

Sin embargo, también tienen en cuenta criterios relacionados con las representaciones gráficas y el lenguaje, como:

- Que utilice un lenguaje sencillo, claro y preciso
- Que el material gráfico presentado sea de calidad y adecuado para mostrar ideas y conceptos.
- Que los gráficos dibujos y fotografías sean abundantes y atractivos

Si bien, los criterios anteriores no permiten establecer que los docentes utilicen los niveles de representación para seleccionar un texto escolar, las observaciones que hacen de las siguientes representaciones evidencian que, para el tema de reacciones químicas, hay mayor preferencia por presentar el tema desde los componentes macroscópico y simbólico y se deja rezagado al nivel microscópico y que además, los docentes valoran los niveles de representación al notar su ausencia en las imágenes presentadas en la prueba que se encuentran en las tablas en 7 y 8.

Tabla 7

Observaciones realizadas por los docentes sobre las representaciones de la pregunta 6 de la prueba

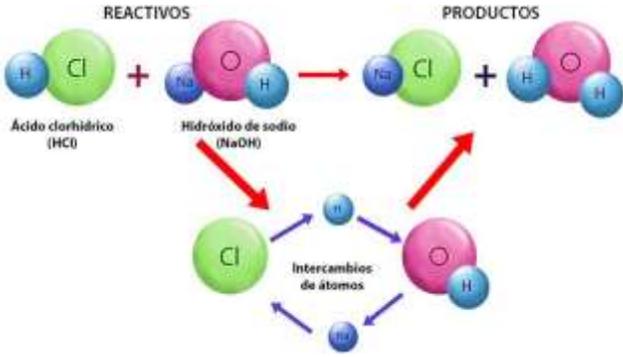
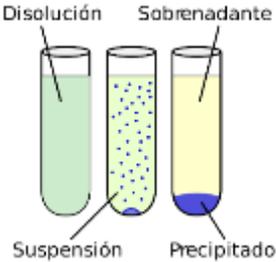
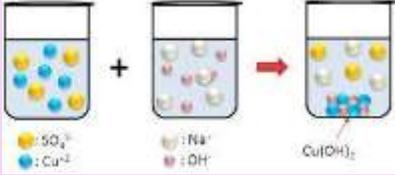
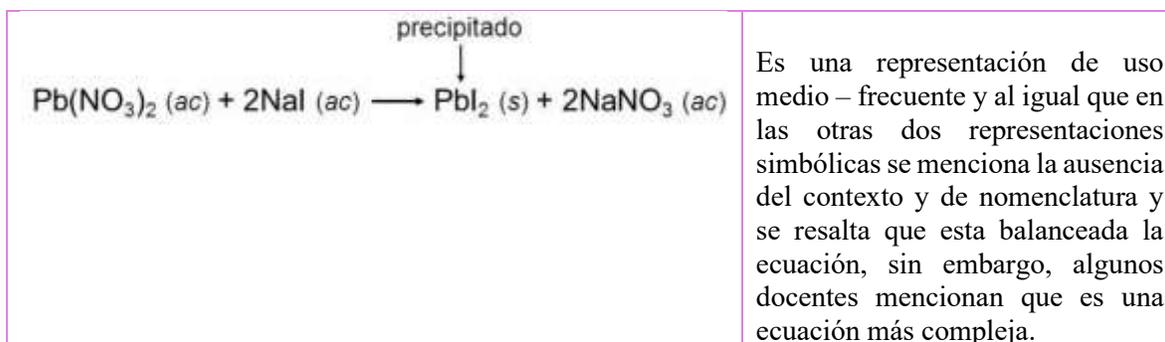
Representación	Observaciones
$\text{SO}_3 \longrightarrow \text{SO}_2 + \text{O}_2$ <p style="text-align: center;"> Óxido de azufre Dióxido de azufre Oxígeno molecular </p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/>	<p>El 87% de los docentes utilizaría esta imagen.</p> <p>La mayoría de las observaciones están enfocadas en componentes faltantes del nivel simbólico, como el balanceo, el estado de agregación y la corrección de la nomenclatura.</p> <p>Algunas apreciaciones se referían al contexto, haciendo alusión al componente macroscópico.</p> <p>Solo una de las observaciones sugería incluir una representación con el modelo de Dalton para complementar la reacción.</p>
	<p>El 27% de los docentes utilizaría esta imagen.</p> <p>La mayoría de las observaciones hacen referencia a la falta de la ecuación química, lo cual, resalta la importancia que le dan los docentes al nivel simbólico.</p>
	<p>El 87% de los docentes utilizaría esta imagen.</p> <p>Nuevamente los comentarios principales son referentes a inconsistencias en el nivel simbólico, como la falta de cargas eléctricas en los iones, complementar la nomenclatura y las condiciones de reacción.</p> <p>También se menciona la falta de contexto, es decir, el vínculo de la imagen con el nivel macroscópico.</p> <p>Algunos comentarios hacen referencia a la complejidad de la imagen, porque incluye lo que ocurre a nivel microscópico.</p>

Tabla 8

Observaciones realizadas por los docentes sobre las representaciones de la pregunta 7 de la prueba

Representación	Observaciones
	<p>La mayoría de los docentes la consideran una imagen de poco uso y mencionan la falta de la ecuación química, el nombre de los materiales y el procedimiento, dejándose entrever la falta del nivel simbólico.</p>
	<p>Fue considerada como una imagen de uso medio y frecuente.</p> <p>Las apreciaciones son muy similares a la ecuación química de la tabla anterior.</p>
	<p>Los docentes consideraron la imagen como una representación de uso frecuente y aunque nuevamente mencionaron la falta de la ecuación química, tuvo una gran valoración por ser un dibujo claro presentando las generalidades de una reacción química de precipitación.</p>
	<p>De todas las imágenes presentadas en la prueba, esta fue la que obtuvo la mayor aprobación para ser utilizada en la enseñanza de las reacciones, los docentes valoran el componente simbólico, la representación de los átomos con el modelo de Dalton y la figura de los recipientes.</p>



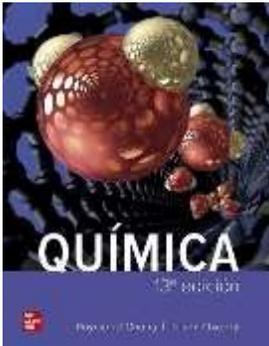
Nota: Elaboración propia.

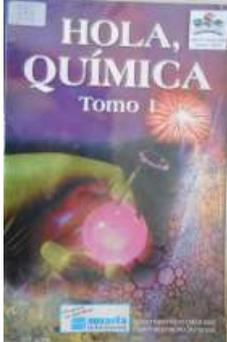
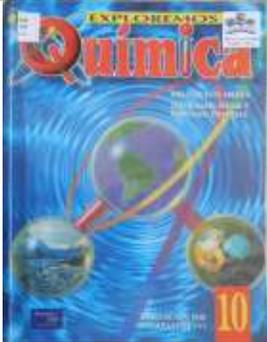
Niveles de representación en los textos seleccionados para analizar el tema de reacciones químicas

Textos analizados

Tabla 9

Textos seleccionados para analizar el tema de reacciones químicas

	Texto	Apartado analizado
	<p>Número: 1 Nombre: Hipertexto 1 Editorial: Santillana Año: 2010</p>	<p>Unidad 3, tema 2: reacciones y ecuaciones químicas</p>
	<p>Número: 2 Nombre: Química Editorial: Mc Graw Hill Año: 2020</p>	<p>Capítulo 3: 3.7: reacciones y ecuaciones químicas</p> <p>Capítulo 4: reacciones en disolución acuosa, precipitación, acido-base y redox</p>

	<p>Número: 3</p> <p>Nombre: Hola química</p> <p>Editorial: Susaeta</p> <p>Año: 2001</p>	<p>Unidad 10: Reacciones y ecuaciones químicas</p>
	<p>Número: 4</p> <p>Nombre: Exploremos la química</p> <p>Editorial: Prentice Hall</p> <p>Año: 2000</p>	<p>Proyecto 6: ¿Cuál es el significado de las ecuaciones químicas?</p> <p>Tema 1 y 2</p>
	<p>Número: 5</p> <p>Nombre: Química 1. Competencias + aprendizaje + vida.</p> <p>Editorial: Pearson</p> <p>Año: 2010</p>	<p>Bloque 7: Representa y opera reacciones químicas</p>
	<p>Número: 6</p> <p>Nombre: Material de Colombia Aprende. Red de conocimiento. Materiales para aprender. Unidades didácticas, ciencias, grado 10</p> <p>Autores: Ministerio de Educación Nacional</p>	<p>Unidad didáctica: ¿De qué está hecho todo lo que nos rodea?</p> <p>Objetivo digital de aprendizaje: ¿Cuál es el significado de los coeficientes estequiométricos en las ecuaciones químicas?</p>

Nota: elaboración propia

A continuación, se presentan dos tablas resumen con la cantidad de representaciones por cada nivel y las combinaciones de ellos en los textos analizados, tanto del lenguaje gráfico como del lenguaje escrito respectivamente.

Tabla 10

Cantidad de representaciones por cada nivel y las combinaciones de ellos en los textos para el lenguaje gráfico

Texto	Páginas dedicadas al tema de reacciones	Número de imágenes	Número de imágenes en cada nivel de representación						
			Macro	Micro	Simbólico	Macro y micro	Macro y simbólico	Micro y simbólico	Macro, micro y simbólico
Química Santillana	125 - 114	21	13	2	3	0	2	1	0
Química Mc Graw Hill	94 - 98 y 123 - 173	54	25	18	3	1	1	3	3
Hola química	273 - 301	8	1	0	4	0	1	2	0
Exploremos la química	212 - 227	9	5	0	4	0	0	0	0
Química competencias + aprendizaje + vida	157 - 178	12	1	5	3	2	0	0	1
Cápsula educativa – Colombia aprende	1_22	22	12	0	5	0	3	2	0
Total		126	57	25	22	3	7	8	4

Nota: elaboración propia.

Tabla 11

Cantidad de representaciones por cada nivel y las combinaciones de ellos en los textos para el lenguaje escrito

Texto	Páginas dedicadas al tema de reacciones	Bloques de texto analizados	Bloques de texto correspondientes a cada nivel de representación						
			Macro	Micro	Simbólico	Macro y micro	Macro y simbólico	Micro y simbólico	Macro, micro y simbólico
Química Santillana	114 - 125	41	13	5	15	1	1	4	2
Química Mc Graw Hill	93 - 98	77	4	1	44	0	9	5	14
Hola química	273 - 301	32	3	1	16	0	3	9	0
Exploremos la química	212 - 227	19	1	0	8	1	4	2	3
Química competencias + aprendizaje + vida	157 - 178	27	7	3	4	2	2	5	4
Cápsula educativa – Colombia aprende	1_22	14	4	1	6	0	0	2	1
Total		210	32	11	93	4	19	27	24

Nota: elaboración propia.

Con los resultados de la tabla 10 se puede observar que, de manera general en cuanto a las representaciones gráficas, un 45% corresponden a representaciones de nivel macroscópico.

Del lado del lenguaje escrito, se tiene que, de manera general, el 44% de los bloques de texto analizado, corresponden al nivel simbólico.

Una vez se identificaron los niveles de representación presentes en las gráficas y en el texto, se procedió a asociar cada representación con su respectivo lenguaje, aplicando el instrumento presente en la tabla 5 a cada uno de los 6 textos seleccionados para llevar a cabo la caracterización y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12

Elementos representacionales para cada nivel de representación de la química en el texto 1

Texto 1: Hipertexto Química 1					
Nivel	Lenguaje utilizado	Características del lenguaje	Nº de representaciones	% de representaciones	Posibles obstáculos
Macroscópico	Gráfico (13)	Disciplinar	7	54%	Subutilización explicativa
		Disciplinar - cotidiano	2	15%	
		Cotidiano	4	31%	Brecha lingüística
	Escrito (13)	Disciplinar	8	62%	Brecha lingüística
		Disciplinar - cotidiano	1	8%	
		Cotidiano - disciplinar	2	15%	
		Cotidiano	2	15%	
	Microscópico	Gráfico (2)	Disciplinar	2	100%
Escrito (5)		Disciplinar	3	60%	Deficiencia microscópica
		Disciplinar - cotidiano	2	40%	Brecha lingüística
Simbólico	Gráfico (3)	Disciplinar	3	100%	Nivel desarticulado
		Disciplinar	14	93%	

	Escrito (15)	Disciplinar - cotidiano	1	7%	Nivel desarticulado
Macro y simbólico	Gráfico (2)	Disciplinar	2	100%	
	Escrito (1)	Disciplinar	1	100%	Representaciones fragmentadas
Micro y simbólico	Gráfico (1)	Disciplinar	1	100%	Representaciones fragmentadas
	Escrito (4)	Disciplinar	3	75%	Representaciones fragmentadas
		Disciplinar - cotidiano	1	25%	Representaciones fragmentadas
Micro, macro y simbólico	Escrito (2)	Disciplinar	2	100%	Representaciones fragmentadas

Nota: elaboración propia.

Tabla 13

Elementos representacionales para cada nivel de representación de la química en el texto 2

Texto 2: Química de la editorial Mc Graw Hill					
Nivel	Lenguaje utilizado	Características del lenguaje	Nº de representaciones	% de representaciones	Posibles obstáculos
Macroscópico	Gráfico (25)	Disciplinar	19	76%	Subutilización explicativa Brecha lingüística
		Disciplinar - cotidiano	1	4%	
		Cotidiano - disciplinar	2	8%	
		Cotidiano	3	12%	
	Escrito (4)	Disciplinar	4	100%	Lenguaje dual
Microscópico	Gráfico (18)	Disciplinar	18	100%	Lenguaje dual Deficiencia microscópica
	Escrito (1)	Disciplinar	1	100%	Deficiencia microscópica
Simbólico	Gráfico (3)	Disciplinar	3	100%	Nivel desarticulado
	Escrito (44)	Disciplinar	44	100%	Nivel desarticulado Brecha lingüística

Macroscópico y microscópico	Gráfico (1)	Disciplinar	1	100%	
Macroscópico y simbólico	Gráfico (1)	Disciplinar	1	100%	Representaciones fragmentadas
	Escrito (8)	Disciplinar	5	63%	Representaciones fragmentadas
		Disciplinar - cotidiano	2	25%	
		Cotidiano - disciplinar	1	13%	
Microscópico y simbólico	Gráfico (3)	Disciplinar	3	100%	
	Escrito (5)	Disciplinar	5	100%	
Macroscópico, microscópico y simbólico	Gráfico (3)	Disciplinar	3	100%	Representaciones fragmentadas
	Escrito (14)	Disciplinar	8	57%	
		Disciplinar - cotidiano	5	36%	
		Cotidiano - disciplinar	1	7%	

Nota: elaboración propia.

Tabla 14

Elementos representacionales para cada nivel de representación de la química en el texto 3

Texto 3: Hola química de la editorial Susaeta					
Nivel	Lenguaje utilizado	Características del lenguaje	Nº de representaciones	% de representaciones	Posibles obstáculos
Macroscópico	Gráfico (1)	Disciplinar	1	100%	Lenguaje dual Brecha lingüística
	Escrito (3)	Disciplinar	1	33%	
		Disciplinar - cotidiano	1	33%	
		Cotidiano	1	33%	
Microscópico	Escrito (1)	Disciplinar	1	100%	Deficiencia microscópica
Simbólico	Gráfico (4)	Disciplinar	4	100%	Nivel desarticulado
	Escrito (16)	Disciplinar	13	81%	Nivel desarticulado
Disciplinar - cotidiano		3	19%		
Macroscópico y simbólico	Gráfico (1)	Disciplinar	1	100%	Representaciones fragmentadas

	Escrito (3)	Disciplinar	1	33%	Representaciones fragmentadas
		Disciplinar - cotidiano	2	67%	
Microscópico y simbólico	Gráfico (2)	Disciplinar	2	100%	Representaciones fragmentadas
	Escrito (9)	Disciplinar	9	100%	Representaciones fragmentadas

Nota: elaboración propia.

Tabla 15

Elementos representacionales para cada nivel de representación de la química en el texto 4

Texto 4: Exploremos la química de la editorial Prentice Hall					
Nivel	Lenguaje utilizado	Características del lenguaje	Nº de representaciones	% de representaciones	Posibles obstáculos
Macroscópico	Gráfico (5)	Disciplinar	1	20%	
		Cotidiano	4	80%	
	Escrito (1)	Disciplinar - cotidiano	1	100%	
Simbólico	Gráfico (4)	Disciplinar	3	75%	Nivel desarticulado
		Disciplinar - cotidiano	1	25%	
	Escrito (8)	Disciplinar	8	100%	Nivel desarticulado Brecha lingüística
Macro y micro	Escrito (1)	Disciplinar	1	100%	Deficiencia microscópica
Macro y simbólico	Escrito (4)	Disciplinar	1	25%	Representaciones fragmentadas
		Disciplinar - cotidiano	3	75%	
Micro y simbólico	Escrito (2)	Disciplinar	2	100%	Representaciones fragmentadas
Macro, micro y simbólico	Escrito (3)	Disciplinar	2	67%	Representaciones fragmentadas
		Disciplinar - cotidiano	1	33%	

Nota: elaboración propia.

Tabla 16

Elementos representacionales para cada nivel de representación de la química en el texto 5

Texto 5: Química + competencias + aprendizaje + vida de la editorial Pearson					
Nivel	Lenguaje utilizado	Características del lenguaje	Nº de representaciones	% de representaciones	Posibles obstáculos
Macroscópico	Gráfico (1)	Cotidiano	1	100%	Brecha lingüística
	Escrito (7)	Disciplinar	1	14%	
		Disciplinar - cotidiano	2	29%	
		Cotidiano - disciplinar	3	43%	
		Cotidiano	1	14%	
Microscópico	Gráfico (5)	Disciplinar	5	100%	Deficiencia microscópica
	Escrito (3)	Disciplinar	2	67%	Deficiencia microscópica
		Disciplinar - cotidiano	1	33%	
Simbólico	Gráfico (3)	Disciplinar	2	67%	
		Disciplinar - cotidiano	1	33%	
	Escrito (4)	Disciplinar	3	75%	
		Disciplinar - cotidiano	1	25%	
Macro y micro	Gráfico (2)	Disciplinar - cotidiano	2	100%	
	Escrito (2)	Disciplinar - cotidiano	1	50%	
		Cotidiano - disciplinar	1	50%	
Macro, simbólico	Escrito (2)	Disciplinar - cotidiano	2	100%	
Micro, simbólico	Escrito (5)	Disciplinar	5	100%	
Macro, micro y simbólico	Gráfico (1)	Disciplinar	1	100%	
	Escrito (4)	Disciplinar	3	75%	
		Disciplinar - cotidiano	1	25%	

Nota: elaboración propia.

Tabla 17

Elementos representacionales para cada nivel de representación de la química en el texto 6

Texto 6: Capsula educativa “¿Cuál es el significado de los coeficientes estequiométricos en las ecuaciones químicas?” – Colombia aprende					
Nivel	Lenguaje utilizado	Características del lenguaje	N° de representaciones	% de representaciones	Posibles obstáculos
Macroscópico	Gráfico (12)	Disciplinar	9	75%	
		Disciplinar - cotidiano	1	8%	Brecha lingüística
		Cotidiano	2	17%	
	Escrito (4)	Disciplinar	1	25%	
		Cotidiano - disciplinar	1	25%	
		Cotidiano	2	50%	
Microscópico	Escrito (1)	Disciplinar	1	100%	Deficiencia microscópica
Simbólico	Gráfico (5)	Disciplinar	5	100%	Nivel desarticulado
	Escrito (6)	Disciplinar	6	100%	Nivel desarticulado
Macro y simbólico	Gráfico (3)	Disciplinar	3	100%	
Micro y simbólico	Gráfico (2)	Disciplinar	1	50%	
		Disciplinar - cotidiano	1	50%	
	Escrito (2)	Disciplinar	2	100%	
Macro, micro y simbólico	Escrito (1)	Disciplinar	1	100%	

Nota: elaboración propia.

Discusión

En los entornos educativos, se da la coexistencia de dos tipos de lenguaje, el lenguaje cotidiano y el lenguaje disciplinar. Esto se puede observar, por ejemplo, en la existencia de términos que tienen un significado específico en el lenguaje común y otro significado completamente diferente en el ámbito científico como plantea (Sosa Fernández & Méndez Vargas, 2011), sin embargo, en esta coexistencia de lenguajes resulta la combinación de un lenguaje disciplinar que vincula aspectos del lenguaje cotidiano y un lenguaje cotidiano que se acerca al lenguaje disciplinar como se propuso en la rúbrica de la tabla 5, en la cual se

establecen los posibles obstáculos presentes en los textos analizados y se presentan a continuación:

Brecha lingüística: se asume como una descripción o explicación inicial de un fenómeno alejada del lenguaje cotidiano ya que para comunicarse con la disciplina se deben dominar las expresiones disciplinares (García García & Perales, 2006), pero la introducción a la temática debe ser con un lenguaje cotidiano para captar la atención del estudiante con frases familiares y después incorporar el lenguaje disciplinar, mientras que de manera paralela se inicia con el componente macroscópico porque es el que permite un acercamiento con lo tangible (López et al., 2007).

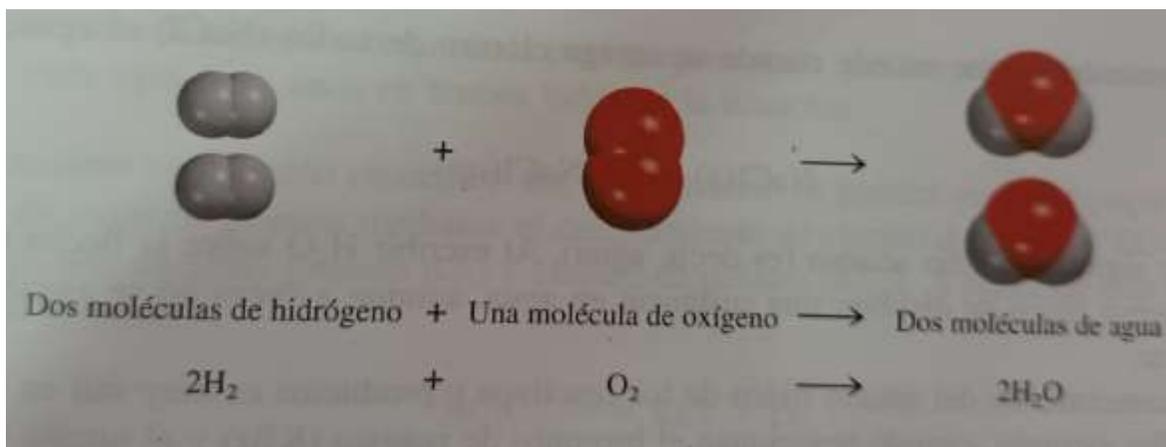
Esta dificultad se puede evidenciar en los textos por medio del lenguaje que utilizan para acercarse a la temática y el nivel de representación que asume la bienvenida al tema. Los siguientes ejemplos permitieron identificar esta dificultad:

Texto 1: define una reacción química como *“un proceso en el cual una o más sustancias, denominadas reactivos, se transforman en otra u otras llamadas productos”* (Mondragón Martínez et al., 2010) y continúa expresando que las reacciones químicas se representan por medio de ecuaciones, evidenciando la relevancia del nivel simbólico en el texto, el cual corresponde en un 93% al lenguaje disciplinar y no hay un acercamiento al tema desde otro nivel antes de la representación simbólica.

Texto 2: presenta la definición de reacción química como: *“proceso en el que una sustancia (o sustancias) cambia para formar una o más sustancias”* (Chang & Overby Jason, 2020). Después de la definición se hace énfasis en el nivel simbólico, explicando la manera de escribir ecuaciones químicas, hay una representación microscópica utilizando el modelo de Dalton y se incluye el conteo de átomos para introducir la ley de la conservación de la materia y por ende el balanceo de ecuaciones.

Figura 6

Ejemplificación del obstáculo brecha lingüística



Nota: Imagen tomada del texto 2, en la que se muestran tres maneras de representar la combustión del hidrógeno.

En ese sentido es notorio el uso del lenguaje disciplinar, además de que el texto hace referencia constante a la expresión: “en el laboratorio”, dirigiendo el texto a un público que se desenvuelve frecuentemente en la práctica.

Texto 3: Si bien, el texto antes de dar la definición de reacción química menciona algunos cambios químicos de la vida cotidiana y afirma que estos corresponden a reacciones químicas, luego presenta la definición como: “*un proceso mediante el cual una o más sustancias se transforman en una o más sustancias diferentes*” (Restrepo Merino & Restrepo Merino, 2001) y procede a describir cómo se establece una ecuación química con sustancias que no involucran los ejemplos del inicio.

En términos generales, para los textos 1, 2 y 3 la característica del lenguaje que predomina es la disciplinar, dando la impresión de que el tema es tratado sin hacer una transición recurrente entre lo que es conocido por el estudiante y el fenómeno que se quiere representar. Por el contrario, los textos: 4, 5 y 6 se acercan al componente macroscópico desde un lenguaje con características cotidianas o muy cercanas a la cotidianidad, no obstante, las prácticas de

laboratorio propuestas involucran condiciones del lenguaje disciplinar muy propias de los laboratorios químicos.

Texto 4, (Torrenegra & Pedrozo, 2000): propone evidenciar la ley de la conservación de la masa por medio de una visita al laboratorio con bicarbonato de sodio y ácido clorhídrico concentrado y una segunda visita para identificar los cambios durante las reacciones redox, en la que se utilizan las siguientes sustancias: soluciones de HCl 1.0M, Cu (NO₃) 1.0M, Zn (NO₃)₂ 0.1M y pedazos de magnesio, cobre y zinc.

Texto 5, (Sosa Reyes, 2010): En la práctica de laboratorio inicial que tiene como propósito explicar reacciones químicas que suceden alrededor, propone 4 reacciones químicas: una de combustión, quemando un trozo de magnesio, otra con desprendimiento de gas entre bicarbonato de sodio y ácido acético, la tercera en estado sólido con cloruro de sodio y sulfato de cobre y por último, una reacción de neutralización entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio, sin presencia de indicador.

La segunda práctica consiste en encender una vela, dejarla en combustión por un rato y comparar la masa antes y después, con el objetivo de evidenciar la ley de la conservación de la masa, sin embargo, la parafina que es el componente que aporta mayor masa al objeto que está en “combustión” no experimenta una reacción química.

Para la tercera práctica se evidencia un contexto ya que es un método para revertir el deterioro de la joyería de plata utilizando papel aluminio, agua caliente y bicarbonato de sodio asociando este cambio a una reacción de oxidación-reducción.

Texto 6, (Ministerio de Educación Nacional, 2018): Se presentan tres actividades experimentales, la primera consiste en mezclar cobre y azufre en polvo para producir sulfuro cúprico. Las otras dos prácticas son de combustión del etanol en presencia y ausencia de oxígeno.

Lo anterior hace más evidente la brecha lingüística, puesto que la cantidad de actividades experimentales que ejemplifican las reacciones químicas es reducida y cuando se llevan a cabo, las sustancias utilizadas en la mayoría de casos suelen ser desconocidas para los estudiantes, acarreado una percepción de los cambios químicos como procesos aislados de la vida cotidiana, limitados solo al ámbito de un laboratorio, generando una percepción distorsionada de la química en el contexto escolar (Vallejo, 2017).

Este obstáculo podría verse reducido gracias a que las reacciones químicas desde el componente observable presentan por lo general variaciones muy evidentes como cambios de color, cambios de estado, aparición de burbujas o cambios perceptibles con otros sentidos como la variación en la temperatura (Campaz Viveros & López Torres, 2021), se puede partir de estos fenómenos observables en reacciones con contexto e ir adicionando los componentes abstractos y matemáticos (López et al., 2007).

Lenguaje dual: se entiende como una expresión que es utilizada para explicar un concepto y es susceptible de múltiples interpretaciones, por ejemplo, en el texto 4, se utiliza la palabra “**completa**” como sinónimo de una ecuación balanceada e “**incompleta**” como un término correspondiente a una ecuación sin balancear, ocasionando una ambivalencia porque se podría interpretar como que una reacción “**completa**” es aquella en la cual todos los reactivos pasan a ser productos y una reacción “**incompleta**” es cuando quedan reactivos sin reaccionar.

Otros ejemplos se presentan en el texto 2, inicialmente se muestra la simbología utilizada para representar una reacción por medio de las ecuaciones y a su vez se muestra el cambio del NaCl sólido a solución acuosa, con el objetivo de incorporar en las ecuaciones los estados de agregación tanto de los reactivos como de los productos. Sin embargo, esto podría llevar a la interpretación de que los cambios de estado en las reacciones son procesos físicos, aunque las moléculas estén cambiando o podría implicar que los cambios de estado son una reacción porque este proceso físico está siendo representado con los símbolos correspondientes a un cambio químico. Después con el mismo propósito de resaltar la importancia de los estados de agregación, se afirma lo siguiente: “*si se analiza el proceso de*

formación del bromuro de plata en un microscopio se comprende que los iones Ag^+ y Br^- deben estar en contacto para que ocurra la reacción”, y esto puede llevar a una interpretación errónea de que, al observar la reacción a través del microscopio, se podrían visualizar los iones de plata y bromo, generando una concepción incorrecta de algo que no es factible de observar.

En el apartado que presenta las reacciones de precipitación, se utiliza el componente macroscópico para referirse al precipitado característico de estas reacciones como un sólido insoluble que se separa de la disolución, dando a entender que el sólido va a estar retirado de la parte líquida, sin tener en cuenta que este puede quedar suspendido y se requiere de un método físico para ser separado.

En la introducción de las reacciones de oxidación-reducción, se establece una comparación con las reacciones ácido-base, señalando que estas últimas son un proceso de transferencia de protones, a diferencia de las reacciones redox, donde se transfieren electrones, sin tener en cuenta que esta afirmación sugiere que únicamente en las reacciones redox se transfieren electrones, y esta comparación omite la definición de ácidos y bases según la teoría de Lewis, la cual establece que las bases son especies que donan pares de electrones, mientras que los ácidos son especies que aceptan pares de electrones.

Para superar este obstáculo, se debe garantizar la precisión del lenguaje utilizado en el ámbito educativo a fin de evitar ambigüedades (Sosa Fernández & Méndez Vargas, 2011).

Subutilización explicativa: esta se entiende como una representación gráfica, generalmente correspondiente al nivel macroscópico, carente de un objetivo claro dentro del texto, que bien, podría ser desarrollada si se relaciona con el lenguaje escrito, como concluye (Raviolo, 2013) debe pasar de *“una imagen vale más que mil palabras”* a *“vale una imagen con mil palabras”* Además se debe tener en cuenta que las representaciones visuales en el ámbito científico poseen sus propios códigos que es fundamental comprender para interpretarlas adecuadamente (Callone, 2015), y se hace necesario guiar su interpretación mediante el lenguaje escrito (Jimenez & Perales, 2022).

Esta dificultad se ejemplifica a continuación, en el texto 1, se da la definición de reacción química y se asocia con una imagen de dos tubos de ensayo en los que está reaccionando zinc con ácido clorhídrico, en un tubo el zinc está en virutas y en el otro está en polvo, esto lo describe el pie de imagen y en el componente escrito la imagen no se vuelve a tener en cuenta, ni siquiera cuando se representa de manera simbólica, por lo tanto es una imagen que podría utilizarse para comparar el área superficial con la velocidad de reacción o incluso para resaltar la aparición de burbujas como señal de que está ocurriendo una reacción química, pero la imagen no va más allá de estar ejemplificando una definición muy simple de lo que es una reacción.

Figura 7

Ejemplificación para la subutilización explicativa

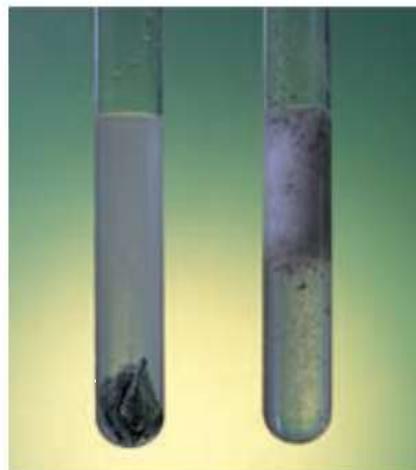


Figura 20. El zinc en virutas (izquierda) y en polvo (derecha) y el ácido clorhídrico (reactivos) reaccionan para formar cloruro de zinc (producto).

Nota: Imagen tomada del texto 1

Adicionalmente, se incluyen imágenes que no guardan relación con el elemento central del lenguaje escrito, el cual es de naturaleza simbólica. Además, no se aprovecha plenamente el potencial que estas imágenes podrían aportar en un contexto más amplio.

Lo anterior se ejemplifica en la figura 8, que representa reacciones reversibles e irreversibles, desde el nivel macroscópico, pero en el texto no hay una relación entre las reacciones con un contexto en este mismo nivel y los otros dos niveles de representación.

Figura 8

Ejemplificación para la subutilización explicativa

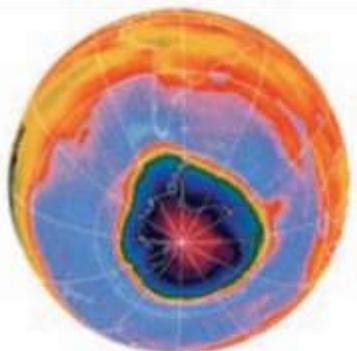


Figura 25. Un ejemplo de reacción reversible se presenta durante la formación de la capa de ozono que protege la tierra de la intensidad de los rayos UV del sol.



Figura 26. Los fuegos artificiales son un ejemplo de reacción irreversible, pues una vez que la pólvora se ha quemado, no es posible revertir el proceso.

Nota: Imagen tomada del texto 1

En el texto 2, se muestra una imagen de 4 tubos de ensayo cada uno con un precipitado y no presenta una explicación en el componente escrito del texto, solo representa sustancias insolubles.

Figura 9

Ejemplificación para la subutilización explicativa



Nota: Imagen del texto 2 en la que se muestra la aparición de algunos precipitados, CdS ,

PbS , $Ni(OH)_2$, y $Al(OH)_3$.

De manera general, las representaciones gráficas a nivel macroscópico en algunos textos como en el 3 y el 5 no superan el 13% y en otros textos como en el 1 y el 2 que estas representaciones son abundantes, no hay una relación de la imagen con el lenguaje escrito, no es claro el objetivo de su presencia en el texto o hay referencia de imágenes que no pertenecen al capítulo, como en el caso del texto 1, que menciona la figura – y no corresponde a la numeración de las figuras presentes en el capítulo.

El empleo de las imágenes que se llevan al salón de clases debe seguir actividades concretas, como la explicación de los propios elementos gráficos y una conexión adecuada con el texto escrito (Jimenez & Perales, 2022).

Deficiencia microscópica: este obstáculo se interpreta como la poca relevancia de lo que ocurre en una reacción química a nivel de partículas y está asociado a la elección de los modelos que se utilizan para hacer las representaciones del nivel microscópico, que, aunque se considera abstracto porque no puede ser captado de manera sensorial, pertenece a la realidad y debe ser percibido de alguna manera (Sosa Fernández & Méndez Vargas, 2011) por medio de una representación que ejemplifique lo que ocurre en este nivel con los átomos, las moléculas y los iones que participan en la reacción.

En los siguientes ejemplos se podrá evidenciar esta posible dificultad:

En todos los textos, las representaciones se hacen por medio del modelo de Dalton y en el texto 6 no solo se utilizan esferas de colores sino otras figuras geométricas que se asignan arbitrariamente.

Figura 10

Ejemplificación para el obstáculo deficiencia microscópica



Nota: imagen de la animación del proceso de oxido reducción en la actividad cuatro del texto 6.

Este modelo puede traducirse como otra representación simbólica, ya que los símbolos son una asignación de letras a cada elemento y se conforma una fórmula química con la cantidad de átomos correspondiente a cada uno y luego de la reacción las fórmulas químicas resultantes están conformadas por los mismos elementos y la misma cantidad de átomos, solo que combinados, pero de manera análoga se asignan colores a las esferas que representan los átomos, se indican la cantidad de esferas y después de la reacción aparecen las mismas esferas organizadas en una manera diferente como se presenta en el texto 5.

Figura 11

Ejemplificación para el obstáculo deficiencia microscópica



Figura 7.10 Formación de moléculas biatómicas y triatómicas.



Figura 7.11 Formación de moléculas tetra-atómicas y diatómicas.

Nota: imágenes del texto 5 utilizadas como introducción al balanceo de ecuaciones químicas.

Por lo anterior, el uso del modelo de Dalton es una representación simbólica análoga a las ecuaciones químicas y no debería considerarse una representación microscópica, pues desde este nivel además de tener en cuenta que hay un reordenamiento de átomos o iones y que se forman nuevas estructuras moleculares, se debe considerar la cinética, en la que debería entenderse la reacción química como una colisión de moléculas con energía cinética suficiente para favorecer la ruptura de enlaces (Campaz Viveros & López Torres, 2021), y si estas colisiones no son favorables puede que la reacción no suceda, requiera calentamiento o un catalizador, por otro lado, se hace necesario incluir una descripción detallada utilizando tanto palabras como dibujos para representar lo que sucede a nivel de las partículas y es importante seguir ciertas convenciones para transmitir información precisa, como considerar el tamaño relativo de las moléculas, el tipo de movimiento que realizan y la distancia que existe entre ellas, y llevar estas consideraciones a representaciones visuales y explicaciones verbales que ayuden a los estudiantes a comprender mejor los conceptos moleculares y a consolidarlos (Taber, 2009), pero en los textos, en cuanto al lenguaje gráfico el componente microscópico no está presente en los textos 3 y 4, se encuentra en combinación con otros niveles en un porcentaje muy mínimo y para el resto de los textos el promedio es de 11%, exceptuando el texto 5 en el que la mayoría de los bloques analizados corresponden a lo que ocurre a nivel de las partículas y para el lenguaje escrito la participación de este nivel es aún menor, pues no supera el 12% y en combinación con otros niveles el promedio es del 7%.

Además, existe la posibilidad de que algunos estudiantes perciban las representaciones gráficas como una imagen fiel de lo que existe en el mundo perceptible, en consecuencia se debe destacar que las imágenes a nivel microscópico son una construcción humana que se diseña con un propósito específico, por consiguiente debe haber un tránsito adecuado entre la representación microscópica, que no representa un objeto tangible, sino un modelo científico y el fenómeno asociado a esa representación que puede ser percibido a nivel de los sentidos (Raviolo, 2013).

Representaciones fragmentadas: Esta dificultad consiste en utilizar un nivel de representación diferente para cada tipo de reacción química que se presenta en un mismo texto. Por ejemplo, en el texto 1, se presentan las reacciones de oxidación y reducción desde el

nivel microscópico y luego se hace énfasis en el nivel simbólico, las reacciones de neutralización se explican desde lo macroscópico y luego se enfatiza en lo simbólico.

En el texto 3 las reacciones de combustión se explican brevemente desde el componente macroscópico y luego se centran en el componente simbólico, por otro lado, las reacciones de oxidación se explican desde el componente microscópico y simbólico.

En el texto 4, las reacciones de neutralización y precipitación se explican brevemente desde el nivel macroscópico y luego se hace énfasis en la simbología, mientras que las reacciones redox se explican brevemente desde el componente microscópico como en los textos anteriores, pero además de enfatizar en el nivel simbólico, se presentan aplicaciones industriales de este tipo de reacciones.

Lo anterior genera dificultades en la comprensión profunda de los estudiantes porque no permite establecer conexiones precisas entre los atributos macroscópicos y las representaciones microscópicas (Jimenez & Perales, 2022), debido a que cada tipo de reacción utiliza uno de estos dos niveles articulado con el nivel simbólico.

La interpretación a nivel microscópico debería tener lugar después de que se haya adquirido una comprensión sólida de los conceptos a nivel macroscópico. Esto involucra centrarse en la enseñanza de actividades que aborden los diversos atributos de dichos conceptos, permitiendo así una base sólida para la comprensión a nivel microscópico en etapas posteriores (Raviolo et al., 2011).

Nivel desarticulado: corresponde a priorizar uno de los niveles de representación, generalmente el simbólico, sin vincularlo con los otros dos, ocasionando dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las reacciones químicas, debido a que el estudiante adquiere una visión incompleta de la temática (Furió & Domínguez, 2007). Algunos ejemplos que permitieron identificar esta dificultad en los libros de texto son los siguientes:

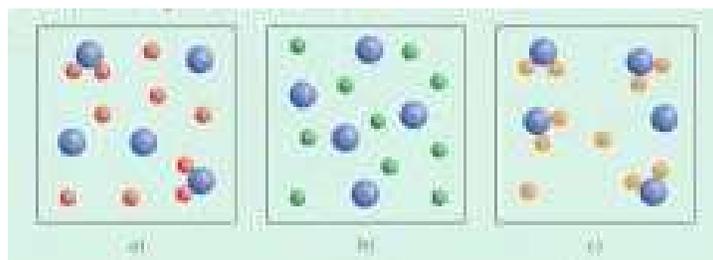
En el texto 1, para las reacciones de neutralización, se presenta un ejemplo de la vida cotidiana, que es la leche de magnesio, sin embargo, no hay una asociación de esta representación macroscópica con la base presente en este producto y el ácido estomacal con el que reacciona, pues la relación que hace el texto con la imagen es con una de las reacciones ácido base más común que es entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio, pero no hay una reacción en la cual se involucre el hidróxido de magnesio.

En el texto 2, para presentar las reacciones de precipitación, hay un enfoque en las reglas de solubilidad, (nivel simbólico) pero no hay una explicación de por qué unos iones son más o menos solubles que otros y porque al entrar en contacto una sustancia con otra ocurre un desplazamiento de iones provocando una reacción química (nivel microscópico) y lo anterior no se asocia a fenómenos observables (nivel macroscópico).

En este mismo texto, se proponen ejercicios en los cuales se representan los iones presentes en una solución acuosa por medio del modelo de Dalton, el cual no incluye la carga eléctrica correspondiente a cada ion.

Figura 12

Ejemplificación para el obstáculo nivel desarticulado



Nota: imagen del texto 2, de la actividad 4.1.1 en la que debe identificarse el electrolito más fuerte y el más débil.

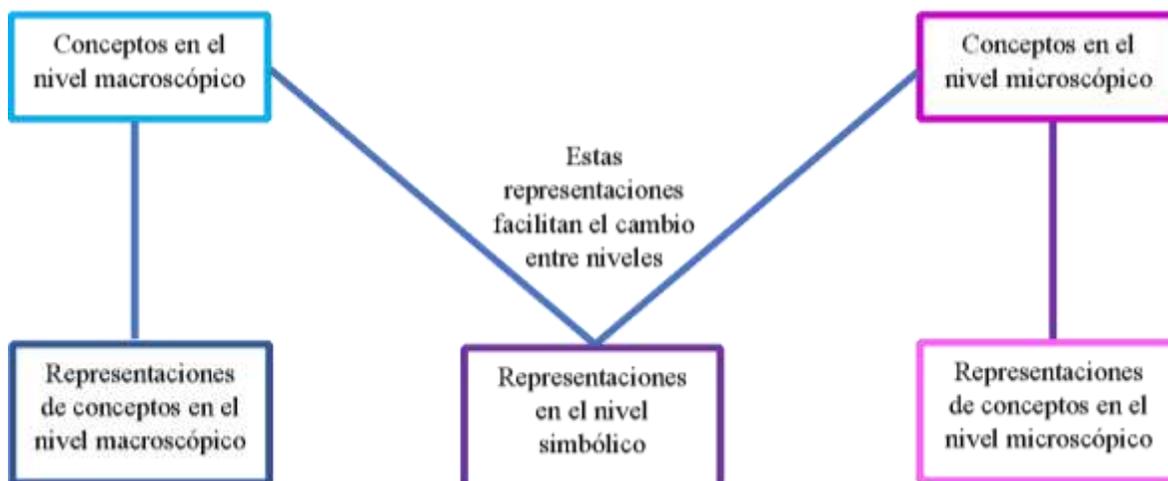
En un sentido global, la definición de reacción química se asocia a sustancias que cambian su composición, es la definición principal del 83% de los textos, sin embargo, las reacciones

corresponden a un proceso más complejo (Sosa Fernández & Méndez Vargas, 2011). Los textos 1, 2 y 4 definen las reacciones químicas únicamente como sustancias que se transforman en otras y adicional a que no relacionan lo anterior con lo que ocurre a nivel microscópico tampoco tienen en cuenta que el proceso debe entenderse como la disminución de los reactivos a medida que aumentan los productos (Lombardi, 2009), y que los cambios observables se producen por esa misma transformación que es provocada por la interacción de las partículas que intercambian núcleos y electrones, pero los conserva y esto conlleva al mantenimiento de la masa (Sosa Fernández & Méndez Vargas, 2011), que puede entenderse desde el nivel macro y el nivel micro, lo cual evidencia la falta de puentes que pueden conectar los niveles, puesto que un sistema de representación debe tener como objetivo representar el tema desde diferentes niveles desarrollando un método de representación múltiple que combine componentes lingüísticos y pictóricos para reforzar las representaciones y que el estudiante pueda establecer equivalencias entre los sistemas y transitar entre ellos (Lombardi, 2009).

Una propuesta para lograr que haya un tránsito adecuado entre los niveles de representación es seguir un hilo conductor de los conceptos, iniciando por lo macroscópico, luego lo microscópico y posteriormente articular estos dos niveles por medio de la simbología como sostiene (Taber, 2009), y se plantea en el esquema propuesto por el mismo autor y citado por (Cutrera & Stipcich, 2016).

Figura 13

Representaciones simbólicas como puente entre los niveles macro y micro



Nota: tomado de (Taber, 2009).

Los seis textos analizados se caracterizan por ser multi representacionales, sin embargo, hay dificultades asociadas a cada nivel de representación y con base en ellas se sostiene la discusión anterior, pues en cuanto al nivel macroscópico, se esperaba que fuera el nivel de partida para el abordaje del tema (Taber, 2019), y por ser un nivel considerado tangible, debería ser el que se articule con un contexto cotidiano (López et al., 2007). Para el nivel simbólico, debería haber una relación de las ecuaciones químicas con los otros dos niveles de representación (Jimenez & Perales, 2022), y para el nivel microscópico debería haber representaciones que comuniquen efectivamente lo que ocurre en este nivel (Sosa Fernández & Méndez Vargas, 2011). Partiendo de estos obstáculos se propone una rubrica como posible instrumento de selección de textos escolares.

Propuesta de la rúbrica para la selección de textos escolares

Como se justificó en el planteamiento del problema, los textos escolares tienen un papel crucial como medio de difusión de la ciencia en la escuela y, al mismo tiempo, reflejan el discurso oficial aceptado por la comunidad docente. Si se considera el texto como una vía fundamental para comunicar la ciencia escolar, no es difícil aceptar que la lectura de los

textos escolares es un proceso indispensable para el aprendizaje de las ciencias (Lombardi, 2009), y, por ende, se deben encaminar los procesos en el aula a disminuir el abismo entre los fenómenos observables y el objetivo de enseñanza que se complementa con los otros dos niveles de representación (Raviolo, 2013).

Considerando que, los procesos de enseñanza y aprendizaje son más profundos cuando se utiliza una mayor cantidad de representaciones (López et al., 2007), es importante tener en cuenta al momento de utilizar un texto escolar, que este incluya una cantidad significativa de representaciones que articulen los tres niveles de representación, y también es esencial incluir actividades diseñadas específicamente para permitir que los estudiantes establezcan relaciones explicativas tanto a nivel macroscópico como microscópico, estas actividades deben utilizar la simbología característica de la química, y la experimentación debe ser un elemento central que atraviese y conecte los tres niveles de representación de la materia. De esta manera, se promueve una comprensión holística y significativa del tema (Vallejo, 2017), lo que conlleva a que los textos deben incluir actividades experimentales que involucren la relación entre los tres niveles de representación.

Por otra parte, la mayor dificultad para los estudiantes, posiblemente se encuentre en las representaciones microscópicas, lo cual afecta la comprensión de la química porque limita el entendimiento completo de la misma (Prieto Lamprea, 2019), y si los textos escolares que se llevan al aula no utilizan una adecuada representación de este nivel, restringen los procesos de enseñanza y aprendizaje, por lo tanto, este sería un criterio a considerar, que el texto presente representaciones en el nivel microscópico que cumplan el propósito de modelar lo que ocurre a nivel de partículas, por ejemplo, haciendo uso de estructuras de barras y esferas que muestra la geometría molecular y los enlaces entre átomos, también por medio del modelo de Bohr o estructuras de Lewis que permitiría ejemplificar los electrones y lo que ocurre con ellos, además es importante dejar de lado las representaciones estáticas y simplista para poder trasladarse de un nivel a otro (Raviolo, 2013), por medio de animaciones o simulaciones.

Sumado a lo anterior, el lenguaje utilizado en los textos debe permitir generar comprensión por parte de los estudiantes contextualizando el lenguaje que se utiliza, dado que este, es una herramienta de comunicación para transmitir conocimientos y por lo general está desvinculado del contexto social y cultural en el que los estudiantes se encuentran (Garzón Rozo & Pérez Miranda, 2015). Como establece (Kress et al., 2001), el lenguaje es siempre uno de los diversos modos semióticos que se utilizan en cualquier acto de comunicación y en este caso los textos escolares utilizan 3 modos para comunicar el concepto: escrito, gráfico y práctico.

Para el lenguaje gráfico se espera un propósito definido y que esté estrechamente relacionado con el lenguaje escrito, por medio de relaciones de cooperación, en las cuales, los dos modos que se van a conectar cumplan las mismas funciones y comuniquen el mismo concepto (Márquez et al., 2003). Esto hace posible que las imágenes vayan más allá de simplemente ejemplificar una definición básica de las reacciones químicas, ya que estas representaciones visuales cumplen la función de conectar con los conceptos que se intentan difundir y es fundamental que las imágenes incluyan proposiciones relevantes para comunicar eficazmente la ciencia (Raviolo, 2013). Además, en la actualidad, gran parte de la enseñanza de las ciencias se lleva a cabo mediante el uso de la imagen como pleno medio de comunicación y estas facilitan una explicación completa (Kress et al., 2001).

También deben estar presentes las relaciones de especialización, en las que, los modos lleven al mismo significado, pero cumpliendo con una función distinta (Marquez et al., 2003), este sería el caso de las representaciones de diferentes niveles que buscan explicar el mismo concepto.

Criterios de evaluación:

A continuación, se presenta la propuesta de una rúbrica para la caracterización y evaluación de los niveles de representación en los textos escolares, teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente y considerando alto, medio y bajo como niveles de aceptabilidad.

Tabla 18.

Rúbrica para la caracterización y evaluación de los niveles de representación en los textos escolares

Criterio	Características	Nivel de aceptabilidad
Establece relaciones entre las representaciones de los tres niveles.	Las explicaciones en el lenguaje escrito se complementan de manera efectiva con las representaciones simbólicas y gráficas presentadas.	Alto: siempre establece relaciones de cooperación y especialización entre el lenguaje escrito y el lenguaje gráfico
		Medio: en algunos casos establece relaciones de cooperación y especialización entre el lenguaje escrito y el lenguaje gráfico
	Las fórmulas químicas que se presentan están relacionadas con los conceptos subyacentes.	Bajo: muy pocas veces establece relaciones de cooperación y especialización entre el lenguaje escrito y el lenguaje gráfico.
Incluye actividades experimentales contextualizadas,	Las actividades experimentales utilizan sustancias conocidas por los estudiantes y se relacionan	Alto: todas las actividades experimentales que incluye se encuentran contextualizadas.

vinculando lo disciplinar y lo cotidiano	las observaciones con lo que ocurre a nivel microscópico y simbólico.	Medio: incluye actividades experimentales contextualizadas.
	Las actividades experimentales, además de permitir observar macroscópicamente la reacción química, muestra la utilidad de esta.	Bajo: no incluye actividades experimentales o ninguna está contextualizada.
Utiliza un lenguaje cercano al lenguaje cotidiano que va involucrando aspectos disciplinares como la simbología química.	El lenguaje es claro y preciso para describir los conceptos químicos de manera verbal.	Alto: siempre capta la atención del lector por medio de un lenguaje cercano al cotidiano.
	El tema se comunica con un lenguaje cercano a los estudiantes y se va integrando la simbología química.	Medio: en algunas ocasiones capta la atención del lector por medio de un lenguaje cercano al cotidiano.
		Bajo: no capta la atención del lector por medio de un lenguaje cercano al cotidiano, privilegia el lenguaje disciplinar.

Nota: elaboración propia.

Conclusiones y limitaciones

Los textos escolares de grado décimo utilizados en la ciudad de Pereira para la enseñanza de las reacciones químicas son multi representacionales, en cuanto al lenguaje gráfico, la muestra es muy heterogénea, porque los 6 textos privilegian los niveles en proporciones muy

distintas. Sin embargo, el nivel que predomina es el macroscópico para los textos 1, 2, 4 y 6, en el texto 3 el nivel que más se utiliza es el simbólico y en el texto 5 el microscópico y todos los documentos analizados, tienen en común la cantidad de representaciones que combinan dos niveles es mínima y las representaciones que involucran los tres niveles de representación son inexistentes, excepto para los textos 2 y 5 con un 6% y un 8% de representaciones que integran los tres niveles respectivamente.

El lenguaje escrito corresponde principalmente al nivel simbólico en todos los textos, excepto en el texto 5 en el que sobresale el nivel macroscópico y en este componente verbal del texto hay un poco más de vinculación entre los niveles, sin embargo, sigue siendo muy baja porque la mayoría de los textos incluyen bastantes reacciones químicas en forma de ecuaciones, que no se relacionan con los otros dos componentes.

Por otra parte, la característica principal del lenguaje a nivel macroscópico para los textos 1, 2, 3 y 6 es disciplinar, para el texto 4 es disciplinar cotidiano, para el texto 5 es cotidiano. A nivel microscópico es disciplinar para los textos 1, 2, 3, 5 y 6, el texto 4 no tiene representaciones a nivel microscópico, y a nivel simbólico es disciplinar para los 6 textos.

En cuanto a los obstáculos identificados se concluye que, los textos 2 y 4 muestran en algunas ocasiones un lenguaje dual, los textos 1 y 2 presentan una subutilización explicativa del recurso gráfico, los seis textos tienen una deficiencia a nivel microscópico y una brecha lingüística. Los textos 1, 2, 3, 4 y 6 que privilegian el nivel simbólico, lo enseñan desconectado de las demás representaciones y los textos 1, 2, 3 y 4 utilizan representaciones fragmentadas puesto que no tienen una secuencia de vinculación de los niveles de representación.

Los resultados obtenidos no podrían garantizar que los niveles de representación son tenidos en cuenta como criterio de selección por parte de los docentes de la ciudad de Pereira y que los textos escolares seleccionados para la caracterización son los más relevantes para la enseñanza de las reacciones químicas en grado décimo, pues las respuestas recibidas por parte de los docentes solo corresponden a una muestra del 23%. Sin embargo, el presente

trabajo da indicios de que el triángulo de Johnstone es considerado de manera indirecta por los docentes cuando seleccionan textos escolares para llevar a las aulas.

Anexos

Anexo 1

Universidad de Caldas
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Maestría en química
Modalidad de profundización en didáctica

Proyecto: Caracterización de los niveles de representación en textos escolares utilizados comúnmente para la enseñanza de reacciones químicas en la media académica en el municipio de Pereira.

Test para la selección de libros escolares utilizados en la ciudad de Pereira para la enseñanza de la química

Estimado (a) docente: en el marco de la Maestría en Química con énfasis en didáctica y con el objetivo de identificar los textos escolares utilizados como apoyo para los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química y los criterios de su selección, solicito por favor de manera voluntaria responder a todas las preguntas que se plantean en el siguiente cuestionario.

Agradezco mucho su participación y garantizo que esta información será considerada estrictamente confidencial y utilizada con fines académicos, generados en el proceso investigativo.

Las preguntas 2, 3, 4 y 5 fueron tomadas y adaptadas de (Bezanilla & Villa, 2006)

Fecha: _____

1. ¿A qué Institución Educativa pertenece?

2. Indique para las siguientes fuentes de información el uso que le da a cada una como apoyo para la clase de química del grado 10

		Nunca	Pocas veces	Con frecuencia	Siempre	Escriba el nombre de algunos de esos textos que recuerde
Documentación impresa	Libros					
	Revistas					
	Periódicos					
Documentación electrónica	Libros digitales					
	Revistas digitales					
	Blogs					
	Unidades didácticas					
Documentación gráfica	Mapas					
	Fotografías					
	Planos					

Documentación audiovisual	Videos					
	Audios					
Otros _____						

4. ¿Cuál es la razón por la que selecciona un determinado texto escolar para sus estudiantes?

Señale con una X la opción que mejor se acomode a su respuesta

- por la costumbre de haber trabajado con ese mismo libro en años anteriores
- en función del criterio de que todo el centro trabajemos con la misma editorial
- porque conozco personalmente al autor o autores
- después de haber analizado diversos libros de diferentes Editoriales
- porque me lo ha recomendado algún compañero o colega
- por el buen trato que recibo del distribuidor o responsable de ventas de la editorial
- por otras razones: _____

5. ¿Qué criterios tiene en cuenta cuando valora un texto escolar?

A continuación, se presentan 18 criterios para la selección de un libro de texto, señale en la escala que sigue, el grado de importancia que otorga a cada criterio, marcando con una X la opción elegida. (siendo el 1 equivalente a nada importante y el 5 equivalente a muy importante).

	1	2	3	4	5
1. que sea completo y trate todo el temario que doy					
2. que ofrezca diferentes metodologías de trabajo					
3. que utilice un lenguaje sencillo, claro y preciso					
4. que tenga una buena relación precio/calidad					
2. que presente los objetivos para cada tema o unidad didáctica					
3. que los contenidos estén bien estructurados y secuenciados					
4. que la exposición no sea farragosa, con párrafos demasiado extensos y densos					
5. que sea válido para la mayoría de los alumnos					
6. que proponga actividades con diferentes niveles de dificultad y profundidad					
7. que sea una buena ayuda para atender a la diversidad de los alumnos					
8. que los contenidos estén actualizados					
9. que disponga de unidades de evaluación formativa (autoevaluación)					
10. que cada unidad didáctica contenga una síntesis de los aspectos principales (esquemas, mapas conceptuales)					
11. que los gráficos, dibujos y fotografías sean abundantes y atractivos					
12. que el material gráfico presentado sea de calidad y adecuado para mostrar ciertas ideas o conceptos					
13. que venga acompañado de una guía para el profesor					
14. que esté adaptado al entorno y tipo de alumnos de mi centro					
15. que tenga un formato manejable					

6. De los 18 criterios considerados anteriormente, señale los tres que usted valore como los más importantes al elegir un texto escolar

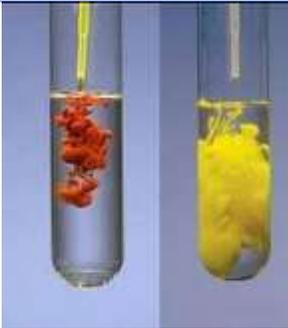
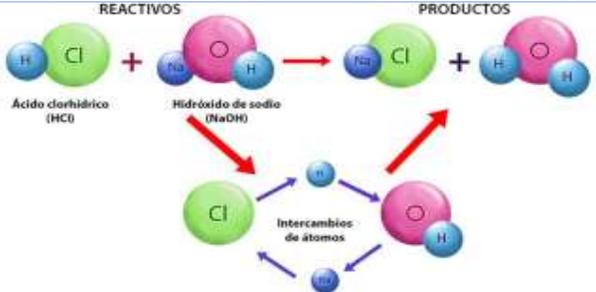
Indique el número correspondiente al criterio de la lista anterior

1° _____

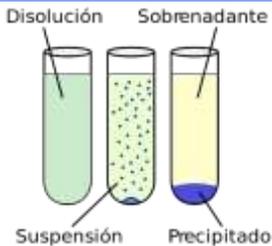
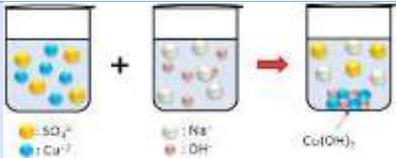
2° _____

3° _____

7. ¿Qué imagen utilizaría como apoyo para mostrar a sus estudiantes el tema de reacciones químicas? Escriba sí o no en la columna indicada y al frente de cada una, que valora en la imagen y qué dificultades observa

	¿Utilizaría la imagen? Si o No	Aciertos y dificultades
$\text{SO}_3 \longrightarrow \text{SO}_2 + \text{O}_2$ <p>Óxido de azufre Dióxido de azufre Oxígeno molecular</p>		
 <p>Tomado de: (Chang & Overby Jason, 2020)</p>		
 <p>Tomada de: portal académico CCH. https://el.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica1/unidad1/agua-compuesto-o-elemento/reacciones-quimicas</p>		

8. Valore la frecuencia de uso de cada imagen, justifique el porqué de su apropiación y mencione si observa alguna dificultad

	Poco uso	Uso normal	Uso frecuente	Justificación de uso y dificultades
 <p>Tomado de: https://stock.adobe.com/co/images</p>				
 <p>Tomada de: https://brainly.lat/tarea/17057291</p>				
$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ <p>Tomada de: https://brainly.lat/tarea/17057291</p>				
 <p>Tomado de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia</p>				
 <p>Tomado de: https://steemit.com/@emiliomoron</p>				
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 (\text{ac}) + 2\text{NaI} (\text{ac}) \rightarrow \text{PbI}_2 (\text{s}) + 2\text{NaNO}_3 (\text{ac})$ <p style="text-align: center;"> precipitado ↓ $\text{PbI}_2 (\text{s})$ </p> <p>Tomado de: https://www.goconqr.com/mindmap/10021715/reaccion-de-precipitacion</p>				

Anexo 2

Respuestas del formulario de Google enviado a los docentes

1. Instituciones educativas que participaron en la encuesta

Inem Felipe Pérez
Juan XXIII
Aquilino Bedoya
Alejandro Bastidas Pantoja
Jesús de la Buena Esperanza
Leningrado
José Antonio Galán
Alfonso Jaramillo Gutiérrez
Rodrigo Arenas Betancur
Combia
Institución Educativa Boyacá
Carlos Eduardo Vasco Uribe (Sabatino)
Juan XXIII
La inmaculada
Ciudadela Cuba

2. Uso que se le da a algunas fuentes de información como apoyo para la clase de química del grado 10

Documentos	Uso			
	Nunca	Pocas veces	Con frecuencia	Siempre
Libros	0	2	8	5
Revistas	0	12	3	0
Periódicos	0	12	2	1
Libros digitales	0	2	8	5
Revistas digitales	1	6	4	4
Blogs	1	7	5	2
Mapas	0	7	5	3
Fotografías	1	2	8	4
Planos	1	11	2	1
Videos	0	0	6	9
Audios	0	9	4	2

Nombre de los textos escolares utilizados por los docentes:

Textos	Frecuencia
Química de editorial voluntad	2
Química de la editorial Santillana (hipertexto)	10
Química general de norma	3
Hola química	3
Material de Colombia aprende.	2
Química de Chang.	4
Química Witten	1
Química II Teoría práctica y cotidianidad (Grupo Editorial Educar)	1
Química I y II con enfoque en competencias	1
Química para el nuevo ICFES (Los Tres Editores)	1
Física química serie investiga	1
Química orgánica aprende haciendo y química inorgánica aprende haciendo	1
Química la Ciencia Central (Brown)	1
Química 1 competencias + aprendizaje + vida.	2
Experimentos para pequeños científicos	1
Química y ambiente 1 y 2	1
Ciencias Integradas, entorno vivo	1
Exploremos la química 10	2

3. Razones por las que los docentes seleccionan un texto escolar

Razones de selección para el texto	Respuestas
Por la costumbre de haber trabajado con ese mismo libro en años anteriores	4
En función del criterio de que todo el centro trabajemos con la misma editorial	0
Porque conozco personalmente al autor o autores	1
Después de haber analizado diversos libros de diferentes Editoriales	13
Porque me lo ha recomendado algún compañero o colega	1
Por el buen trato que recibo del distribuidor o responsable de ventas de la editorial	0
Otros:	1. Porque abordan los temas de una manera clara y didáctica. 2. Por el contenido del texto

4. Criterios que los docentes tienen en cuenta para seleccionar un texto escolar

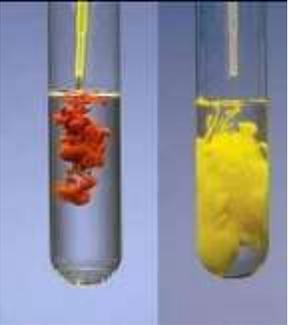
Criterios para seleccionar un texto	Importancia				
	1	2	3	4	5
1. Que sea completo y trate todo el temario que doy	3	0	2	4	5
2. Que ofrezca diferentes metodologías de trabajo	0	1	3	2	9
3. Que utilice un lenguaje sencillo, claro y preciso	0	0	1	4	10
4. Que tenga una buena relación precio/calidad	3	1	5	2	3
5. Que presente los objetivos para cada tema o unidad didáctica	1	2	5	1	5
6. Que los contenidos estén bien estructurados y secuenciados	0	1	2	6	6
7. Que la exposición no sea farragosa, con párrafos demasiado extensos y densos	1	5	0	4	4
8. Que sea válido para la mayoría de los alumnos	1	0	4	4	5
9. Proponga actividades con diferentes niveles de dificultad y profundidad	0	1	2	4	8
10. Que sea una buena ayuda para atender a la diversidad de los alumnos	0	1	4	4	6
11. Que los contenidos estén actualizados	1	0	2	2	10
12. Que disponga de unidades de evaluación formativa (autoevaluación)	1	1	6	2	3
13. Que cada unidad didáctica contenga una síntesis de los aspectos principales (esquemas, mapas conceptuales)	0	1	4	6	4
14. Que los gráficos, dibujos y fotografías sean abundantes y atractivos	1	2	0	4	6

15. Que el material gráfico presentado sea de calidad y adecuado para mostrar ciertas ideas o conceptos	0	1	2	4	8
16. Que venga acompañado de una guía para el profesor	3	1	4	3	3
17. Que esté adaptado al entorno y tipo de alumnos de mi centro	2	2	4	1	5
18. Que tenga un formato manejable	1	1	3	3	6

5. Criterios más importantes para elegir un texto escolar

Criterios más importantes	Frecuencia
1. que sea completo y trate todo el temario que doy	1
2. que ofrezca diferentes metodologías de trabajo	4
3. que utilice un lenguaje sencillo, claro y preciso	1
4. que tenga una buena relación precio/calidad	1
5. que presente los objetivos para cada tema o unidad didáctica	1
6. que los contenidos estén bien estructurados y secuenciados	5
9. que proponga actividades con diferentes niveles de dificultad y profundidad	6
10. que sea una buena ayuda para atender a la diversidad de los alumnos	3
11. que los contenidos estén actualizados	5
12. que disponga de unidades de evaluación formativa (autoevaluación)	1
13. que cada unidad didáctica contenga una síntesis de los aspectos principales (esquemas, mapas conceptuales)	2
14. que los gráficos, dibujos y fotografías sean abundantes y atractivos	1
15. que el material gráfico presentado sea de calidad y adecuado para mostrar ciertas ideas o conceptos	4
16. que venga acompañado de una guía para el profesor	1
18. que tenga un formato manejable	1

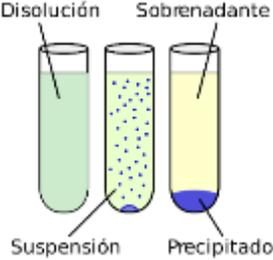
6. Uso y observaciones que hacen los docentes sobre las imágenes que se presentan a continuación:

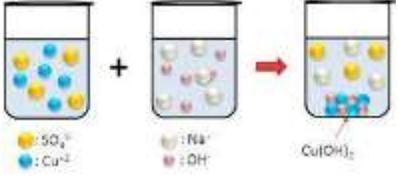
Imagen	Observaciones	Uso	
		Si	No
$\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{O}_2$ <p>Óxido de azufre Dióxido de azufre Oxígeno molecular</p>	<p>No veo dificultad, está muy clara la reacción, hay espacio para el balanceo, le falta contextualización y aplicación, no está balanceada, ajustar la nomenclatura, podría incluir la representación en el modelo de Dalton, no explica cuál es el fin de esta representación, no presenta una nomenclatura específica, no cumple la ley de conservación de materia, falta coeficientes, nomenclatura IUPAC incorrecta, falta balancear, falta la explicación de lo que sucede y lo que se desea, valoro el tamaño y claridad con la que se presenta la reacción, su simbología es clara pese a que podría complementarse con sus estados de agregación, esta descomposición, es la reacción inversa de la síntesis del dióxido de azufre con el oxígeno para producir óxido de azufre, quiere decir que es una reacción reversible. No se encuentra balanceada. No está balanceada la ecuación. Valoro que cada compuesto tiene su nombre, la dificultad es que no expresa que tipo de reacción es. Valoro el orden y espacio que hay entre moléculas, para poder balancear la ecuación química. Al nombre del SO3 le falta un (VI)</p>	13	2
	<p>Reconocimiento de las reacciones y los reactivos, muy colorido y llamativo. Falta el complemento de la ecuación química, Anexar explicación, trabajar en los tres niveles: macroscópico, simbólico y submicroscópico usando el modelo de Dalton. No explica cuál es el objetivo del contraste. No describe los reactivos y medios de reacción o condiciones. Tipo de reacción. Valor: imagen clara, dificultad: faltan palabras claves. Valoro la figura a color, pues es de gran ayuda para comprender lo que ocurre en cada uno de los tubos de ensayo. Tal vez podría tener la descripción del fenómeno al lado de la figura.</p>	4	10

	<p>Es una reacción de precipitación de yoduro de Plomo Falta más información. La imagen no es explicativa, no permite entender que reacción está ocurriendo ni cuales son los reactivos o productos. Valoro los colores y la forma que produce el primer contacto entre ambas sustancias. Valora el cambio de calor, considera la aceleración del cambio de color. A color, pero no tiene descripción.</p>		
 <p>El diagrama ilustra la reacción de neutralización entre el ácido clorhídrico (HCl) y el hidróxido de sodio (NaOH). En la parte superior izquierda, se muestran los reactivos: una molécula de HCl (un átomo de hidrógeno azul y un átomo de cloro verde) y una molécula de NaOH (un átomo de sodio rosa, un átomo de oxígeno rojo y un átomo de hidrógeno azul). Una flecha roja apunta a la derecha hacia los productos: una molécula de NaCl (un átomo de sodio rosa y un átomo de cloro verde) y una molécula de H₂O (dos átomos de hidrógeno azules y un átomo de oxígeno rojo). Debajo de esto, un diagrama circular titulado 'Intercambios de átomos' muestra cómo los átomos de los reactivos se reorganizan para formar los productos, con flechas azules que indican el movimiento de los átomos.</p>	<p>Está claro el esquema como diagrama de ruta para seguimiento de un tema muy didáctico, faltaría contexto. Anexar las cargas de los átomos en las moléculas. Describe el proceso químico que se está llevando a cabo. No explica la finalidad de la imagen. La estudiante debe desde su saber, indicar los nombres de los productos No muestra la entalpia y condición de reacción. Muy compleja y extensa. Explica el intercambio de átomos que se da en las moléculas para la formación de los compuestos. Valoro los colores y tamaños que permiten establecer diferencias entre las sustancias; sin embargo, el esquema inferior que surge de la ecuación no es de fácil comprensión. Reacción de intercambio o doble sustitución Reacción como se produce una sal, está clara la información. La imagen permite entender los átomos que componen cada molécula y las reacciones que ocurren Valoro la diferenciación de átomos por color y tamaño. Valoro el mecanismo de la reacción ilustrado por medio de esferas de colores y diferentes tamaños. Es coherente y determina un resultado claro. Falta nombres de los productos de reacción.</p>	13	2

7. Observaciones y frecuencia de uso sobre las imágenes que se presentan a continuación:

Imagen	Observaciones	Poco	Medio	Frecuente
	<p>Un buen montaje para una práctica de titulación</p> <p>Descripción del procedimiento</p> <p>Incluir fórmulas de las sustancias en la bureta y el erlenmeyer, anexar la ecuación química de la neutralización.</p> <p>Está mostrando un procedimiento experimental. No explica la finalidad de ello.</p> <p>El respectivo montaje, teniendo en cuenta que las estudiante ya debe conocer los respectivos materiales</p> <p>No muestra nombre de instrumentos de laboratorio ni la reacción química que se lleva en la titulación</p> <p>dificultad no están los nombres del reactivo</p> <p>Titulación con fenolftaleína como indicador</p> <p>falta toda la información que acompaña a la imagen</p> <p>Es una titulación</p> <p>Falta información para determinar qué tipo de reacción es...</p> <p>Faltan rótulos que permitan conocer el nombre de los equipos del montaje, los reactivos y el procedimiento que debe hacerse</p> <p>La extensión de la bureta facilita abrir y cerrar la llave para la titulación. Se logra ver con claridad que el primer contacto del líquido de la bureta con el líquido del erlenmeyer provoca una coloración.</p> <p>Desarrollo de montaje de titulación, falta información de la cantidad de sustancia a titular.</p> <p>Buena imagen a color, pero sin descripción.</p>	6	4	5
	<p>Ninguna excelente la reacción</p> <p>Contexto con explicación de reactivos y productos</p> <p>Descripción. Uso del modelo de Dalton.</p> <p>No explica la finalidad de la representación.</p> <p>Es bien planteado, la idea es que la estudiante maneje la nomenclatura</p> <p>Sin condiciones ni entalpia. Ni condiciones de la reacción y falta nomenclatura de reactivos y productos</p> <p>es clara</p>	0	8	7

	<p>Reacción de formación de sal Falta información , aunque se podría emplear para evaluar cierta competencia Reacción de neutralización de un ácido y una base para producir una sal neutra y agua Cómo se forma una sal La imagen no le permite a un estudiante de principiante entender que ocurre Valoro el uso de un color diferente, para diferenciar los símbolos de suma y la flecha de produce. Determina una reacción química. Falta la nomenclatura de los compuestos.</p>			
 <p>Disolución Sobrenadante</p> <p>Suspensión Precipitado</p>	<p>Un esquema para explicar muy bien generalidades de una reacción química con formación de precipitado Buen color especifica lo que sucede Esta bien. Diferencia tres tipos de solución. Buena imagen para que la estudiante deduzca el concepto Naturaleza y condiciones de la reacción ausente fenómeno claro Separación de mezclas Es una buena imagen desde los colores, el tamaño y los títulos. Separación de mezclas por precipitación Solubilidad de una sustancia Es clara, tiene los rótulos y se aprecia bien lo que quiere explicar Valoro el uso de colores diferentes para representar el soluto. Facilita la identificación de las diferencias entre esas sustancias. Estados de concentración. Falta nomenclatura.</p>	2	2	11

	<p>Dificultades no y valoro lo explícito del proceso de reacción química Explica los componentes Muy buena descripción a nivel de partículas. Explica la interacción entre sustancias representadas a nivel molecular. Buen ejercicio de aplicación Las fórmulas estructurales incorrectas. Nomenclatura ausente y condiciones No es correcta la molécula de óxido de azufre Formación de precipitado Es una buena imagen desde los colores y la información. Reacción de precipitación del hidróxido de cobre Reacción química en medio acuoso Es bastante clara en cuanto a los reactivos y productos y la forma como se presentan ya sea disuelto o precipitado Se observa con claridad cómo se da una reacción y cómo se forma un precipitado. El uso de esferas y colores diferentes para representar los átomos, y cómo se reorganizan en la reacción. Formación de compuestos y productos. Buena imagen a color se comprende más.</p>	0	3	11
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 (\text{ac}) + 2\text{NaI} (\text{ac}) \longrightarrow \text{PbI}_2 (\text{s}) + 2\text{NaNO}_3 (\text{ac})$ <p style="text-align: center;">precipitado ↓</p>	<p>Acá es más delicado explicar la reacción por lo abstracto y sin gráfico Sería importante el contexto Adecuada. Representa una ecuación y algunas características. No explica la finalidad de la imagen. Bien usado el recurso Incompleta en condiciones nomenclaturas la naturaleza de la sustancia Reacción de precipitación Presenta buen tamaño e información Reacción de precipitación de yoduro de plomo</p>	2	5	8

	<p>Esta muy difícil Es mucho más sencillo entender la reacción de forma gráfica como en la imagen 7. Valoro la aclaración de los estados de las sustancias y que ya esté balanceada. Balance ecuacional, productos. Faltan los nombres de los compuestos.</p>			
--	---	--	--	--

Referencias

- Bensaude-Vincent, B. (2007). College Chemistry: how a textbook can reveal the values embedded in chemistry. *Endeavour*, 31(4), 140–144. <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2007.10.004>
- Bezanilla, M. J., & Villa, A. (2006). Criterios prioritarios señalados por los profesores a la hora de seleccionar un libro de texto. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 1, 131–145.
- Caamaño, A. (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12(1), 7–17.
- Caamaño Ros, A. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 78, 7–20. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=4847541>
- Callone, M. C. (2015). *Las representaciones semióticas utilizadas en la enseñanza de la química*.
- Campaz Viveros, J., & López Torres, M. (2021). *Diseño de una propuesta de enseñanza del concepto reacción química que permita la relación de los 3 niveles de representación propuestos por Jhhnstone en estudiantes de octavo grado* (Issue 1) [Universidad del Valle sede Pacífico]. <http://journal.unilak.ac.id/index.php/JIEB/article/view/3845%0Ahttp://dspace.uc.ac.id/handle/123456789/1288>
- Chang, R., & Overby Jason. (2020). *Química* (13th ed.). Mc Graw Hill.
- Chang, Raymond., & García Martín, T. (2006). *Principios esenciales de química general*. McGraw-Hill.
- Contreras, S., & González, A. (2014). La selección de contenidos conceptuales en los programas de estudio de Química y Ciencias Naturales chilenos: análisis de los niveles macroscópico, microscópico y simbólico. *Educacion Química*, 25(2), 97–103. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70531-2](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70531-2)
- Cutrera, G. (2016). *Un análisis de la propuesta curricular para la materia escolar fisicoquímica . Propuesta de dimensiones didácticas . 4*.
- Cutrera, G., & 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.
- Demirdogen, B. (2013). Examination of chemical representations in turkish high school chemistry textbooks. *Journal Of Baltic Science Education*, 472–499.
- Escobar Fombellida, S. (2020). El rol de los textos escolares en el departamento del currículo nacional en asignaturas del séptimo nivel de educación general básica realizado en la unidad educativa fiscal ‘César Arroyo Naranjo’ [Univerisdad politécnica salesiana, sede Quito]. In

Tesis.

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18503%0Ahttp://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

- Furió, C., & Domínguez, M. C. (2007). Deficiencias en la enseñanza habitual de los conceptos macroscópicos de sustancia y de cambio químico. *Journal of Science Education*, January, 84–92.
- García García, J. J., & Perales, F. J. (2006). ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? *Enseñanza de Las Ciencias*, 5, 247–259. <https://www.researchgate.net/publication/28117159>
- Garzón Rozo, M. A., & Pérez Miranda, R. (2015). *Lenguaje y los modelos en la enseñanza de la química. El caso de fenómeno químico*.
- Gillespie, R. J. (1997). The Great Ideas of Chemistry. *Journal of Chemical Education* •, 74(7).
- Goetz, J. Preissle., & Lecompte, M. Diane. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Ediciones Morata.
- Gómez Mora, Y. (2019). Caracterización de las representaciones elaboradas por estudiantes del programa de licenciatura en química sobre las propiedades de la materia. In *Universidad pedagógica nacional* (Vol. 8, Issue 5). Universidad pedagógica nacional.
- Jimenez, J. de D., & Perales, J. (2022). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de Las Ciencias* , 369–386.
- Johnstone, A. H. (1993). *The Development of Chemistry Teaching. A Changing Response to Changing Demand*.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal Teaching and Learning: The Rhetorics of the Science Classroom*.
- Lombardi, G. (2009). *Las representaciones pictóricas como problema de aprendizaje . el caso de equilibrio químico*.
- López, R., Saldarriaga, J. A., & Tamayo, Ó. E. (2007). Análisis de representaciones gráficas en libros de texto de química. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3, 61–86.
- Lorduy, D. J., & Naranjo, C. P. (2020). Percepciones de maestros y estudiantes sobre el uso del triplete químico en los procesos de enseñanza-aprendizaje. *Revista Científica*, 39(3), 324–340. <https://doi.org/10.14483/23448350.16427>
- María, L., Dulzaides Iglesias, E., Ana, L., & Molina Gómez, M. (2004). Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED*, 12(2).
- Marquez, C., Espinet, M., & Izquierdo, M. (2003). Comunicación multimodal en la ciencia: el ciclo del agua. *Enseñanza de Las Ciencias*, 371–386.

- Michalisková, R., Haláková, Z., & Prokša, M. (2019). Concept of chemical reaction in chemistry textbooks. *Chemistry Teacher International*, 1(2), 1–15. <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0027>
- Ministerio de Educación Nacional. (n.d.). *Capsula educativa “¿Cuál es el significado de los coeficientes estequiométricos en las ecuaciones químicas?” - Material de Colombia Aprende*.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje - Ciencias Naturales*.
http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf
- Mondragón Martínez, C. H., Luz Yadira, P. G., Sánchez De Escobar, M., Escalante Arbeláez, F., & González Gutiérrez, D. (2010). *Hipertexto química 1*. Santillana. <https://doi.org/10.1000/1.1000>
- Montaña Caro, P. A. (2018). *Articulación de los tres niveles representacionales de la enseñanza de la química en el concepto de cambio de la materia en básica secundaria*. Universidad Nacional de Colombia.
- Morales, C., & Salgado, Y. (2017). Química orgánica en contexto y argumentación científica: una secuencia de enseñanza aprendizaje, desafíos y compromisos. *Revista de Innovación En Enseñanza de Las Ciencias*, 1(1), 23–46. <https://doi.org/10.5027/reinnec.v1.i1.2>
- Ordaz González, G. J., & Mostue, M. B. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química. *Actualidades Investigativas En Educación*, 18(2). <https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33164>
- Parga Lozano, D. L., & Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación Química*, 29(1), 55. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2011). *Química general: Principios y aplicaciones modernas* (Décima).
- Pinto Molina, M. (1989). Introducción al análisis documental y sus niveles: el análisis de contenido. *Boletín de La ANABAD*, 323–342.
- Prieto Lamprea, A. (2019). Representaciones en el aprendizaje de la química y estilo cognitivo. In Bogotá. *Universidad Pedagógica Nacional*. Universidad pedagógica nacional de Colombia.
- Pun, J. K. H. (2019). Salient language features in explanation texts that students encounter in secondary school chemistry textbooks. *Journal of English for Academic Purposes*, 42, 100781. <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2019.100781>
- Raviolo, A. (2013). La imagen en la enseñanza de la química. *XVI Reunión de Educadores En La Química*.

- Raviolo, A. (2016). Las imágenes en libros de texto universitarios: el capítulo equilibrio químico. *Educación En La Química En Línea*, 22(1), 26–38.
- Raviolo, A., Garritz Andoni, & Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Ciencias*, 240–254.
- Restrepo Merino, F., & Restrepo Merino, J. (2001). *Hola Química, tomo 1*. Susaeta ediciones.
- Reyes-Cárdenas, F., Ruiz-Herrera, B., Llano Lomas, M., Lechuga Uribe, P., & Mena Zepeda, M. (2021). El aprendizaje de la reacción química: el uso de modelos en el laboratorio. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 39(2), 103–122. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3229>
- Sánchez Díaz, M., & Vega Valdés J.C. (2003). Algunos aspectos teórico-conceptuales sobre el análisis documental y el análisis de información. *Ciencias de La Información*, 34(2), 49–60.
- Sandin Esteban, M. P. (2003). *Investigación cualitativa en educación*.
- Santos, V. C., & Arroio, A. (2016). The representational levels: Influences and contributions to research in chemical education. *Journal of Turkish Science Education*, 13(1), 3–18. <https://doi.org/10.12973/tused.10153a>
- Şendur, G., Toprak, M., & Pekmez, E. Ş. (2011). An analysis of analogies used in secondary chemistry textbooks. *Procedia Computer Science*, 3, 307–311. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.052>
- Setyowati, P. A., & Sutrisno, H. (2020). An analysis of representation level and cognitive level in curriculum-2013 chemistry textbook. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012006>
- Sosa Fernández, P., & Méndez Vargas, N. (2011). El Problema del lenguaje en la enseñanza de los conceptos compuesto, elemento y mezcla. *Educació Química EduQ*, 0(0), 44–51. <https://doi.org/10.2436/eduq.vi.54181>
- Sosa Reyes, A. M. (2010). *Química I. Competencias + aprendizaje + vida* (E. Quintanar Duarte, Ed.; Primera). www.pearsoneducacion.net
- Taber, K. S. (2009). *Learning at the Symbolic Level* (pp. 75–105). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_5
- Tejada, C. N., Acevedo, D., & Gattas, C. (2015). Influencia de los Textos de Química en la Enseñanza y Aprendizaje del Concepto de Valencia. *Formación Universitaria*, 8, 27–34. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000300004>
- Torrenegra, R. D., & Pedrozo, J. A. (2000). *Exploremos la química*.
- Urbano Ordoñez, D., & Rivas Ospina, F. (2017). Diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico ‘transformaciones físicas de las sustancias’. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Universidad del Valle.

- Valladares, J., De Dios, J., Palacios, P., & Javier, F. (2001). Investigación didáctica aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de Las Ciencias*, 19(1), 3–19.
- Vallejo, W. (2017). *Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de “reacción química”* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60186/71789249.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vetere, V., Santandreu, M. F., Rodríguez Sartori, D., Cogo, G., & Morales, D. (2019). Dificultades de las / os estudiantes en la conceptualización de reacción química y reactivo limitante. *La enseñanza universitaria a 100 años de la reforma: legados, transformaciones y compromisos. memorias de las 2º jornadas sobre las prácticas docentes en la universidad pública.*, 451–460

